

La lutte biologique avec *Dicyphus hesperus* (Knight) dans les cultures maraîchères en serre

par Nicolas TURCOTTE-MAJOR



<https://bugguide.net/node/view/535350/bgpage>

Séminaire en phytologie
PLG-3100

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Département de phytologie
Université Laval
19 avril 2020

La lutte biologique avec *Dicyphus hesperus* (Knight) dans les cultures maraîchères en serre

**Par Nicolas Turcotte-Major
Sous la supervision de Mme Valérie Fournier**

La serre permet de produire dans un environnement contrôlé, ce qui est très avantageux pour la production de légumes. Elle peut cependant représenter un abri pour les ravageurs. Plusieurs d'entre eux représentent des menaces importantes pour les cultures maraîchères biologiques au Québec. *Dicyphus hesperus* (Knight), une punaise de la famille des miridés, a fait ses preuves pour lutter contre plusieurs de ces organismes nuisibles. Par contre, cette punaise est omnivore et peut donc représenter un risque pour les cultures. L'hypothèse suivante a donc été formulée : La punaise omnivore *Dicyphus hesperus* (Knight) est un prédateur efficace en serres maraîchères, malgré le fait qu'elle puisse aussi s'attaquer aux cultures. Le présent document est une revue de littérature dans laquelle plusieurs études sont présentées dans le but de répondre à cette hypothèse. Des entrevues avec des spécialistes ont aussi été réalisées afin de consolider les informations obtenues dans la littérature scientifique avec des expériences de terrain. Dans un premier volet, l'efficacité de *Dicyphus hesperus* par rapport à certains ravageurs est présentée. Par la suite il est question de la meilleure façon d'utiliser cette punaise pour effectuer une lutte efficace. Le troisième et dernier volet de cette recherche permet d'explorer les conditions sous lesquelles ce prédateur peut endommager les cultures et comment il est possible de maximiser son côté zoophage. Les informations présentées dans ce travail permettent de constater que *Dicyphus hesperus* est un auxiliaire de lutte biologique efficace et nécessaire au Québec. Son efficacité et sa capacité d'établissement sont améliorées par l'utilisation de la molène et par l'ajout de nourriture supplémentaire. De plus, ce prédateur peut être élevé par les producteurs au Québec. Chez ce prédateur, le côté phytophage est complémentaire et le principal aspect qu'il faut surveiller pour éviter qu'il ne s'attaque aux cultures est sa densité par rapport à celle des proies.

MOTS-CLÉS

Lutte biologique, serre

Dicyphus hesperus (*D. hesperus*)

Aleurode du tabac, *Bemisia tabacci* (*B. tabaci*),

Thrips des petits fruits, *Frankliniella occidentalis* (*F. occidentalis*)

Omnivore, prédateur

Molène, *Artémia*, *Ephestia*

RÉSUMÉ.....	i
MOTS-CLÉS.....	ii
TABLES DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
REMERCIEMENTS.....	vi
INTRODUCTION.....	1
DÉVELOPPEMENT.....	3
1) L'efficacité de <i>D. hesperus</i> en tant qu'auxiliaire de lutte contre les différents ravageurs des cultures maraîchères en serre.....	3
1.1) L'aleurode du tabac (<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius).....	3
1.11) Efficacité de <i>D. hesperus</i> contre <i>B. tabaci</i>	4
1.2) Le thrips des petits fruits (<i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande).....	6
1.21) Efficacité de <i>D. hesperus</i> contre <i>F. occidentalis</i>	7
1.3) <i>D. hesperus</i> en lien avec d'autres ravageurs des cultures de légumes en serre.....	8
2) <i>D. hesperus</i>.....	9
2.1) Historique.....	9
2.2) Cycle de vie.....	10
2.3) <i>D. hesperus</i> dans la serre.....	12
2.31) Une plante réservoir pour <i>D. hesperus</i>	12
2.32) Des suppléments nutritionnels pour <i>D. hesperus</i>	13
2.33) Nécessité d'utiliser <i>D. hesperus</i> , possibilités d'élevage et coûts.....	15
2.34) Possibilité de combinaison avec un parasitoïde.....	17
2.35) Possibilité de combinaison avec un mycète.....	19
3) Son côté phytophage (pourquoi et comment le minimiser) et optimisation du côté prédateur... 19	19
3.1) Dommages causés aux plants.....	19
3.2) <i>D. hesperus</i> et la phytophagie.....	20
3.21) Souche.....	20
3.22) Besoin en nutriments essentiels.....	20
3.23) Qualité des plants et des proies.....	21
3.24) Nécessité de consommer de l'eau.....	22
3.25) Problème de densité trop élevée de prédateurs par rapport au nombre de proies.....	22
3.3) Minimiser les dommages aux cultures.....	22
3.31) Contrôler les densités de population.....	22
3.32) Fournir des plantes réservoirs et de la nourriture supplémentaire en quantité suffisante.....	23
CONCLUSION.....	24
Bibliographie.....	25

LISTE DES FIGURES

FIG. 1 -	CYCLE VITAL DE L'ALEURODE DU TABAC (<i>BEMISIA TABACI</i> GENNADIUS) SUR CULTURE DE TOMATE À 20°C.....	3
FIG. 2 -	NOMBRE MOYEN D'ŒUFS DE <i>B. TABACI</i> PAR FEUILLE DE PLANT DE TOMATES PROVENANT DES PLANTS CONTENUS DANS LES DISPOSITIFS RECEVANT 0, 4, 8 OU 12 <i>D. HESPERUS</i>	5
FIG. 3 -	NOMBRE MOYEN DE NYMPHES DE <i>B. TABACI</i> PAR FEUILLE DE PLANT DE TOMATES PROVENANT DES PLANTS CONTENUS DANS LES DISPOSITIFS RECEVANT 0, 4, 8 OU 12 <i>D. HESPERUS</i>	5
FIG. 4 -	CYCLE VITAL DU THRIPS DES PETITS FRUITS (<i>FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS</i> PERGANDE) SUR CULTURE DE CONCOMBRE À 25°C	6
FIG. 5 -	DENSITÉ DE POPULATION DE <i>F. OCCIDENTALIS</i> ET DE <i>D. HESPERUS</i> PAR PLANT QUI ONT ÉTÉ DÉTERMINÉS AUX DEUX SEMAINES PAR LAVAGE DE PLANT DANS LA SERRE AYANT REÇU DES <i>D. HESPERUS</i> ET DANS LA SERRE N'EN AYANT PAS REÇU (TÉMOIN OU «CONTROL GREENHOUSE») DURANT LE PREMIER ESSAI	7
FIG. 6 -	DENSITÉ DE POPULATION DE <i>F. OCCIDENTALIS</i> ET DE <i>D. HESPERUS</i> PAR PLANT QUI ONT ÉTÉ DÉTERMINÉS AUX DEUX SEMAINES PAR LAVAGE DE PLANT DANS LA SERRE AYANT REÇU DES <i>D. HESPERUS</i> ET DANS LA SERRE N'EN AYANT PAS REÇU (TÉMOIN OU «CONTROL GREENHOUSE») DURANT LE DEUXIÈME ESSAI.....	8
FIG. 7 -	<i>D. HESPERUS</i> EN STADE 3 OU 4 (GAUCHE) ET EN STADE 5 (DROITE)	11
FIG. 8 -	<i>D. HESPERUS</i> EN STADE 5, LA VEILLE DE LA MUE AU STADE ADULTE (GAUCHE) ET EN STADE 6 (ADULTE), LE LENDEMAIN DE LA MUE (DROITE).....	11
FIG. 9 -	<i>D. HESPERUS</i> ADULTE QUI COMMENCE À PRENDRE DES COULEURS (GAUCHE) ET ADULTE PRÉSENTANT LA COLORATION FINALE (DROITE)	11
FIG. 10 -	POURCENTAGE DE SURVIE DE CHAQUE STADE DE DÉVELOPPEMENT NYMPHAL DE <i>D. HESPERUS</i> JUSQU'AU STADE ADULTE, LORSQU'ÉLEVÉ AVEC DIFFÉRENTS TYPES DE NOURRITURE SUPPLÉMENTAIRE OU AUCUNE NOURRITURE	13
FIG. 11 -	MOLÈNE INOCULÉE AVEC DES CYSTES D' <i>ARTÉMIA</i> RÉHYDRATÉS ET SUR LAQUELLE IL EST POSSIBLE D'OBSERVER PLUSIEURS SPÉCIMENS DE <i>D. HESPERUS</i>	14
FIG. 12 -	CROISSANCE APPROXIMATIVE D'UN PLANT DE TOMATE AU FIL DES SEMAINES ET INTERACTIONS ENTRE LES DIFFÉRENTS AUXILIAIRES DE LUTTE ET L'ALEURODE DES SERRES SUR CE PLANT	15
FIG. 13 -	PHOTO DES PLANTS DE TOMATE DANS UNE SERRE SUITE À L'EFFEUILLAGÉ EFFECTUÉ DANS LE BAS DES PLANTS	16
FIG. 14 -	NOMBRE DE <i>B. TABACI</i> ADULTES DÉNOMBRÉS PAR FEUILLE DE PLANT DE TOMATES SUITE À DES INTRODUCTIONS DE <i>D. HESPERUS</i> , DE <i>E. EREMICUS</i> OU DE LA COMBINAISON DES DEUX	18
FIG. 15 -	NOMBRE DE <i>B. TABACI</i> NYMPHES DÉNOMBRÉES PAR FEUILLE DE PLANT DE TOMATES SUITE À DES INTRODUCTIONS DE <i>D. HESPERUS</i> , DE <i>E. EREMICUS</i> OU DE LA COMBINAISON DES DEUX.....	18
FIG. 16 -	TOMATE PRÉSENTANT DE NOMBREUSES PIQÛRES DE <i>D. HESPERUS</i> (PETITS POINTS JAUNÂTRES).....	20
FIG. 17 -	PROPORTION DU TEMPS PASSÉ PAR <i>D. HESPERUS</i> À SE NOURRIR DE PROIES OU DE PLANTES, À RECHERCHER DES PROIES OU DES PLANTES OU À AFFICHER D'AUTRES COMPORTEMENTS.....	21
FIG. 17 -	RÉSIDUS DE CULTURE LAISSÉS AU SOL SUITE À L'EFFEUILLAGÉ DES PLANTS DE TOMATES EN SERRE SOUS ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL (GAUCHE) ET SOL UNE FOIS QUE LES RÉSIDUS ONT ÉTÉ RETIRÉS (DROITE).....	23

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I – DURÉE DE DÉVELOPPEMENT DE <i>BEMISIA TABACI</i> EN CULTURE DE TOMATES.....	4
TABLEAU II – TEMPS REQUIS POUR <i>D. HESPERUS</i> AFIN DE COMPLÉTER CHAQUE STADE DE DÉVELOPPEMENT LORSQUE NOURRIT AVEC DIFFÉRENTS TYPES DE NOURRITURE	14

REMERCIEMENTS

Je souhaiterais d'abord remercier ma conseillère, Mme Valérie Fournier pour ses judicieux conseils et ses idées qui m'ont permis de produire ce document ainsi que pour le temps qu'elle a investi.

Je remercie aussi Mme Liette Lambert, agr. ainsi que M. Gilles Turcotte, agr. M.Sc. et M. François Dumont, Ph.D. qui ont pris le temps de répondre à mes questions.

Finalement, je tiens à remercier tous mes collègues, étudiants et professeurs, passionnés de l'agronomie qui contribuent à promouvoir la recherche et le développement dans ce domaine.

INTRODUCTION

Les superficies mondiales consacrées à la production de légumes de serre ont plus que triplé dans les quarante dernières années (HortiDaily 2019). En Amérique du Nord, c'était 7288 ha de productions maraîchères qui se trouvaient sous serre en 2017 (HortiDaily 2017). Selon Agriculture et Agroalimentaire Canada (2019), au Canada, une superficie de près de 1750 ha était couverte par 866 exploitations en 2018. Depuis, plusieurs décennies, la production de légumes de serre augmente de façon constante au Canada et c'est le secteur de l'horticulture canadienne qui connaît la plus forte expansion et qui est le plus important économiquement. Parmi tous les légumes produits au Canada, la tomate, le concombre et le poivron sont les principaux. Le Québec se classe au troisième rang dans la production de légumes de serre au Canada (MAPAQ 2018). En 2015, 447 entreprises québécoises couvrant une superficie de 95 hectares permettaient de produire 4% du volume de la production du pays. De 2012 à 2015, le secteur des légumes de serre a connu une hausse de 18% des recettes monétaires au Québec. Si ce secteur a un potentiel de développement très intéressant, c'est entre autres parce que la production actuelle québécoise est insuffisante pour combler la consommation provinciale. La serriculture est très intéressante pour la production de légumes puisqu'elle se pratique dans un environnement contrôlé avec des systèmes fournissant chaleur, eau et nutriments. De plus, en utilisant de l'éclairage artificiel, il est possible de produire durant la période hivernale au Québec. Malgré les coûts d'investissement, de main-d'œuvre et d'énergie plus élevés, la serriculture permet d'obtenir des rendements nettement supérieurs, si elle est bien effectuée. Pour une culture de tomate, par exemple, le rendement par unité de surface cultivée peut être plus de dix fois supérieur à celui d'une production en champ (Dorais et al. 2015). Cependant, si la serre permet entre autres d'augmenter la production au m² par rapport à la culture en champ, elle fournit aussi un habitat propice au développement des ravageurs des cultures.

L'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci* Gennadius) de la famille des aleyrodidés, aussi appelée la famille des mouches blanches, est un des ravageurs des cultures de légumes en serre important dans plusieurs pays dont le Canada. Selon Broadbent et al. (1989), il aurait été introduit par accident sur des plants de poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd) provenant des États-Unis en 1987 et 1988. Ce ravageur est polyphage et s'attaque à plus de 500 espèces de plantes. Au Québec, cet insecte est principalement associé aux cultures en serre (Iriis phytoprotection 2020a). Les cultures à risque élevé sont l'aubergine, le concombre, la patate douce, la poinsettia, le poivron et la tomate. Le thrips des petits fruits ou thrips californien (*Frankliniella occidentalis* Pergande) de la famille des thripidés est lui aussi un ravageur important des cultures maraîchères en serre au Canada. Il est indigène en Amérique du Nord et représente l'un des insectes nuisibles les plus importants en serre au monde. *F. occidentalis* est l'espèce qui cause le plus de dommages en serre au Québec (Duval 1993). La tomate se trouve à être l'une des cultures à risque élevé, alors que l'aubergine, le concombre et le poivron présentent des indices de risque moyens pour ce ravageur (Iriis phytoprotection 2020b).

Ainsi, ces deux ravageurs peuvent endommager les productions de tomates, de poivrons ou de concombres canadiens. Il est important de trouver des méthodes alternatives aux produits phytosanitaires pour les producteurs biologiques. De plus, avec l'engouement du consommateur pour les légumes biologiques, l'expansion de ce secteur risque de s'accroître. Jusqu'à maintenant, l'utilisation d'une punaise omnivore de la famille des miridés (sous-famille des bryocorinés) du nom de *Dicyphus hesperus* (Knight) semble prometteuse pour lutter contre ces ravageurs. Il semblerait aussi qu'il est possible d'entretenir des populations de ce miridé en serre malgré le climat frais du Québec. Par contre, puisqu'il est omnivore, *D. hesperus* peut aussi s'attaquer aux cultures. Plusieurs recherches sont effectuées actuellement afin de comprendre sous quelles conditions ou pour quelles raisons *D. hesperus* peut se comporter ainsi et comment il serait possible de maximiser son potentiel de prédateur.

La problématique liée à l'utilisation de *D. hesperus* énoncée dans le paragraphe précédent permet de formuler l'hypothèse suivante : La punaise omnivore *Dicyphus hesperus* (Knight) est un prédateur efficace en serres maraîchères, malgré le fait qu'elle puisse aussi s'attaquer aux cultures.

Afin d'aborder le sujet adéquatement et de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse, la problématique est traitée en trois volets. Chaque volet est appuyé par des faits provenant de la littérature scientifique (articles scientifiques, fiches techniques, sites web d'organismes non gouvernementaux, ouvrages de référence, rapports scientifiques). De plus, des entrevues ont été réalisées avec divers spécialistes, soit dans le domaine des serres ou de l'entomologie.

En premier lieu, l'efficacité du prédateur contre les différents ravageurs est présentée. Ensuite, il est question de *D. hesperus*, des conditions d'élevage, du maintien d'une population dans la serre, des coûts et des possibilités de combinaison du prédateur avec d'autres agents de lutte. Finalement, l'aspect de l'omnivorisme est examiné afin de bien comprendre pourquoi *D. hesperus* s'attaque parfois aux cultures plutôt qu'aux organismes nuisibles et comment il est possible de favoriser la prédation.

1) L'efficacité de *D. hesperus* en tant qu'auxiliaire de lutte contre les différents ravageurs des cultures maraîchères en serre

1.1) L'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci* Gennadius)

L'aleurode du tabac se nomme ainsi parce qu'elle a été observée pour la première fois sur des plants de tabac en Grèce, en 1889 (Malais et Ravensberg 2006). C'est un ravageur prolifique qui peut produire plusieurs générations par année (Iriis phytoprotection 2020a). Selon Koppert Biological Systems (2015), son cycle vital est celui présenté ci-dessous (figure 1).

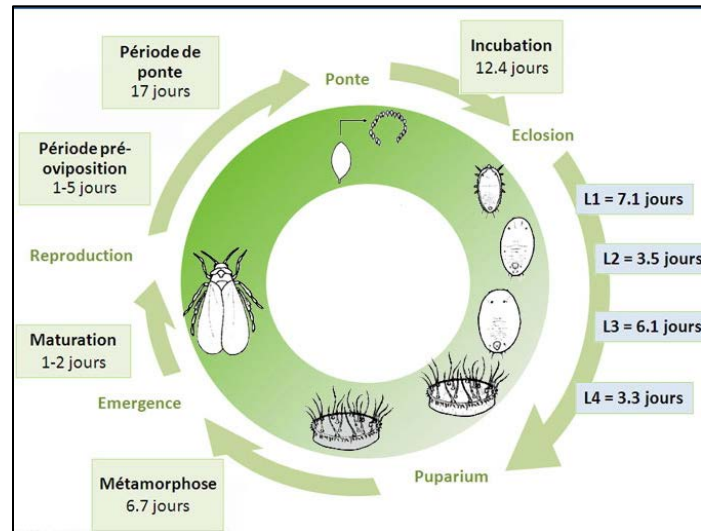


Fig. 1 - Cycle vital de l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci* Gennadius) sur culture de tomate à 20°C

Tirée de : Koppert Biological Systems (2015)

Ce ravageur est malheureusement un vecteur important de nombreux virus, en particulier le virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (Koppert Biological Systems 2015). Le premier stade larvaire (L1) est mobile. Celui-ci sera suivi de trois stades immobiles dont le stade puppe ou puparium (dernier stade avant de devenir adulte). Suite à son émergence de la puppe, la femelle peut commencer à pondre dans les quatre jours qui suivent. Elle peut pondre plus de 200 œufs au total durant sa vie. Les œufs seront déposés, de préférence, sur la face inférieure des feuilles. Ces œufs éclosent après seulement 12 jours à une température se situant entre 18 et 24 degrés Celsius (température généralement visée en serre de légumes durant le jour). La durée de développement de *B. tabaci* en serre de tomates à différentes températures est présentée ci-dessous (tableau I).

Tableau I – Durée de développement de *Bemisia tabaci* en culture de tomates

	Température (°C)		
	20	25	30
Durée de développement (jours)			
Œuf	12,4	7,3	6,1
Larve 1	7,1	4	3,4
Larve 2	3,5	2,7	2
Larve 3	6,1	2,5	2,2
Larve 4	3,3	5,8	2
Puparium	6,7		2,2
Total	39,1	22,3	17,9
Période de ponte	16,7		
Sexe ratio (% femelles)	73		
Nombre moyen d'œufs pondus	195		
Nombre moyen d'œufs pondus/jour	11,7		

Adapté de : Tsueda et Tsuchida (1998); Salas et Mendoza (1995) cités par Malais et Ravensberg (2006)

Le cycle de vie est plus court à des températures plus élevées. Cela implique qu'en été, les populations de *B. tabaci* sont plus difficiles à contrôler. L'aleurode du tabac colonise en entier les parties supérieures des plants. Cet insecte possède des pièces buccales de type piqueur-suceur. Tous les stades sont dommageables pour les cultures. En suçant la sève de ses hôtes, cet insecte peut provoquer un ralentissement et ultimement un arrêt de la croissance du plant, ce qui provoque inévitablement une perte de rendement. Un jaunissement des feuilles est généralement observé. Lorsqu'un ravageur du genre *Bemisia* pique un plant, il injecte des enzymes qui peuvent causer un mûrissement irrégulier des fruits (Toussignant 2018). De plus, ces «mouches blanches» produisent du miellat et lorsque les populations sont trop élevées, le miellat peut favoriser la production de fumagine noire, ce qui gêne la photosynthèse et nuit au développement de la plante. Ce ravageur est considéré très résistant aux insecticides, d'où l'importance de développer des méthodes de lutte alternatives. *D. hesperus* s'est montré efficace contre *B. tabaci* à plusieurs occasions.

1.11) Efficacité de *D. hesperus* contre *B. tabaci*

Smith et Krey (2019) ont obtenu des résultats montrant que *D. hesperus* peut contrôler les populations de *B. tabaci* dans les serres de tomates. Les nombres moyens d'œufs et de nymphes de *B. tabaci* par feuille de plant de tomates provenant des différents traitements sont présentés dans les figures ci-dessous (figure 2-3).

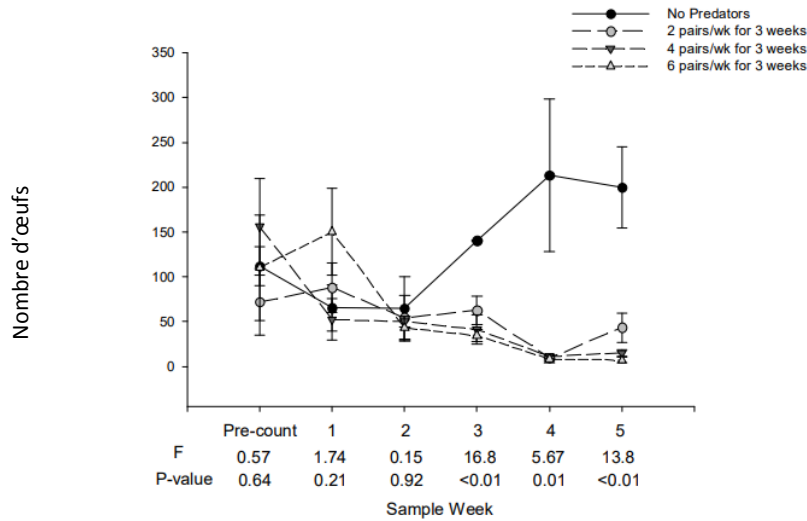


Fig. 2 - Nombre moyen d'œufs de *B. tabaci* par feuille de plant de tomates provenant des plants contenus dans les dispositifs recevant 0, 4, 8 ou 12 *D. hesperus*

Tirée de : Smith et Krey (2019)

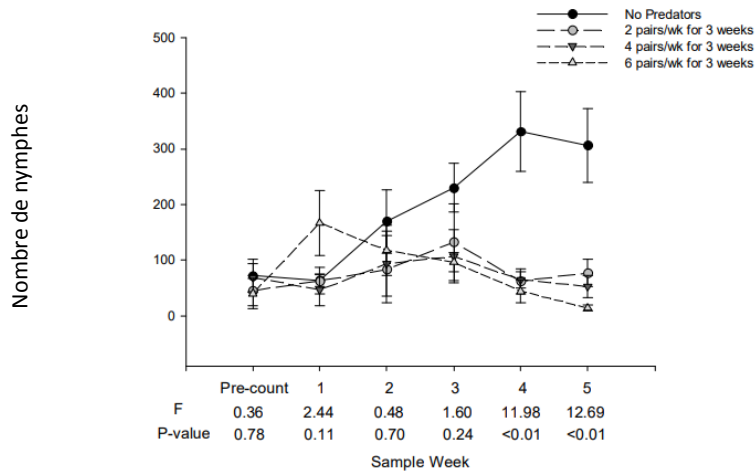


Fig. 3 - Nombre moyen de nymphes de *B. tabaci* par feuille de plant de tomates provenant des dispositifs recevant 0, 4, 8 ou 12 *D. hesperus*

Tirée de : Smith et Krey (2019)

Une semaine après la 3^e introduction de *D. hesperus* qui a eu lieu deux semaines après le pré-compte (Pre-count), il y avait significativement moins d'œufs d'aleurodes dans les cages recevant des prédateurs et ce jusqu'à la fin de l'expérience. De plus, il y avait significativement moins de nymphes aux semaines quatre et cinq après le pré-compte dans ces mêmes dispositifs. Plusieurs densités de prédateurs ont été testées, mais il n'y avait pas de différence significative entre le nombre de nymphes ou d'œufs entre les différents traitements qui en recevaient. Ces deux figures permettent de constater que le prédateur a permis de contrôler les populations de l'aleurode du tabac.

Dans une autre étude effectuée par Calvo et al. (2018a), des résultats similaires ont été obtenus. *D. hesperus* a permis de réduire les populations de *B. tabaci* dans une serre à l'intérieur de dispositifs contenant des plants de tomates. Cependant, ce n'est qu'à partir de la 5^e semaine que les cages qui contenaient *B. tabaci* et *D. hesperus* présentaient moins de ravageurs adultes que les cages qui contenaient uniquement l'aleurode. En effet, l'abondance d'adultes était significativement plus élevée dans les dispositifs contenant uniquement *B. tabaci*, alors que les dispositifs contenant aussi le prédateur présentaient des taux beaucoup plus faibles, mais similaires

entres eux. Des résultats semblables ont aussi été observés pour les nymphes et les pupes. Durant les premières semaines, les nombres de nymphes et de pupes étaient sensiblement les mêmes entre les traitements, suite à quoi les traitements contenant uniquement *B. tabaci* ont commencé à présenter significativement plus de nymphes et de pupes. À la fin de l'expérience, le nombre de nymphes additionné au nombre de pupes par feuille était sept fois plus élevé dans les traitements qui contenaient seulement le ravageur. *D. hesperus* semble prendre plusieurs semaines à s'établir. Ainsi, selon Smith et Krey (2019), il est préférable d'introduire le prédateur tôt, lorsque la densité de *B. tabaci* est basse.

D'autres expérimentations ont permis de faire des observations semblables (Calvo et al. 2016; Calvo et al. 2018b; Calvo et al. 2018c). En effet, dans chacune de ces expérimentations, durant les premières semaines, les populations de *B. tabaci* ont été sensiblement les mêmes entre les traitements qui contenaient une combinaison de ce ravageur et de *D. hesperus*. Cependant, peu à peu, les populations d'aleurodes ont commencé à diminuer significativement dans ces traitements par rapport à ceux contenant le ravageur seul. Au final, il est possible d'affirmer que *D. hesperus* est efficace pour contrôler *B. tabaci*. Le plus gros inconvénient à l'utilisation de *D. hesperus* semble être que le temps que cela prend avant qu'il ne réduise le nombre d'aleurodes sous un seuil économique pourrait ne pas être considéré pratique par les producteurs (Smith et Krey 2019).

1.2) Le thrips des petits fruits (*Frankliniella occidentalis* Pergande)

Le thrips des petits fruits est un insecte à développement très rapide. Selon Koppert Biological Systems (2014) son cycle vital est le suivant (figure 4).

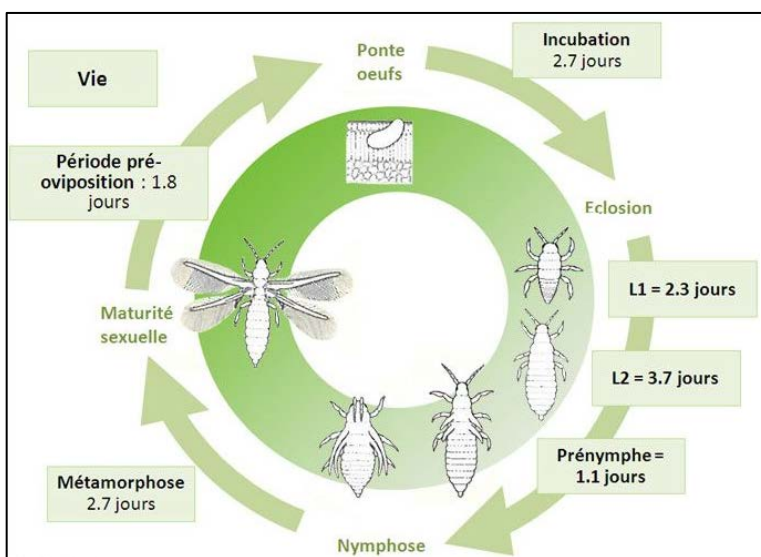


Fig. 4 - Cycle vital du thrips des petits fruits (*Frankliniella occidentalis* Pergande) sur culture de concombre à 25°C

Tirée de : Koppert Biological Systems (2014)

Si les conditions lui sont favorables, il peut y avoir développement d'une quinzaine de générations par année (Iriis phytoprotection 2020b). Ce thrips présente six stades de développement. *F. occidentalis* peut lui aussi être vecteur de nombreux virus dont le plus connu est le virus de la maladie bronzée de la tomate. Il doit passer par cinq stades avant de devenir adulte. Le stade œuf peut durer entre 13 et 34 jours. Cela dépend des températures et des plantes hôtes (Ephytia 2014 cité par Lambert et Müller 2019). Le stade œuf sera suivi par deux stades larvaires et deux stades qui se déroulent au sol (Lambert et Müller 2019). Ceux qui se déroulent au sol portent le nom de prépupe et pupa. Ces deux stades ne représentent pas une menace pour les cultures. Une femelle pond entre 20 et 100 œufs réniformes durant sa vie qu'elle insère à l'intérieur des tissus végétaux tendres. Comme pour la plupart des insectes, des

températures plus chaudes impliquent une durée de développement plus courte et donc plus de générations à l'été. Le thrips des petits fruits est aussi un ravageur possédant des pièces buccales de type piqueur-suceur. En se nourrissant des sucres contenus dans les feuilles, il provoque des plages de décolorations blanchâtres ou légèrement argentées. Il faut faire attention pour ne pas confondre ces dégâts avec des taches liées au dessèchement, à l'insolation, à la phytotoxicité ou encore avec des dommages de tétranyques. Sur les fruits, les dommages s'apparentent à des cristaux d'oxalate de calcium (petites taches, picots blancs). Puisqu'une partie du cycle de *F. occidentalis* s'effectue au sol, une combinaison d'auxiliaires s'avère plus efficace pour lutter contre ce ravageur.

1.21) Efficacité de *D. hesperus* contre *F. occidentalis*

Une étude a permis de démontrer que *D. hesperus* peut aider à contrôler les populations du thrips des petits fruits (Shipp et Wang 2006). Celle-ci faisait l'objet de deux essais effectués en serre avec des densités de plants de tomates de 2.3/m² pour le premier essai et 2.9/m² pour le deuxième. Pour chacun des essais, deux serres identiques étaient utilisées, mais l'une recevait des prédateurs, alors que l'autre était la serre témoin («control greenhouse»). L'introduction de *D. hesperus* s'est faite sur trois semaines et les introductions ont commencé lorsque les densités de thrips étaient les mêmes entre les deux essais. Chaque semaine, un *D. hesperus* adulte par m² était introduit. Un décompte de *D. hesperus* et de *F. occidentalis* était réalisé aux deux semaines sur un plant choisi au hasard en utilisant la méthode du lavage complet de plant. Cette méthode est reconnue comme étant efficace pour faire un décompte total de thrips sur un plant (Shipp et Zariffa 1991 citées par Shipp et Wang 2006). Les fluctuations de densités de population de *F. occidentalis* et de *D. hesperus* dans les deux serres ainsi qu'un ratio *D. hesperus* : 10 *F. occidentalis* sont présentées pour les deux essais (figure 5-6).

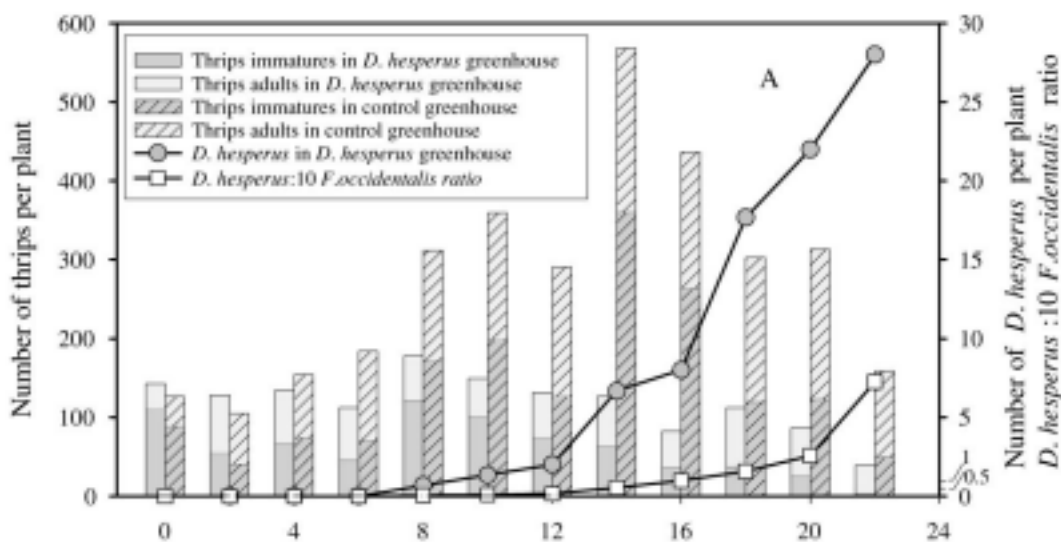


Fig. 5 - Densité de population de *F. occidentalis* et de *D. hesperus* par plant qui ont été déterminés aux deux semaines par lavage de plant dans la serre ayant reçu des *D. hesperus* et dans la serre n'en ayant pas reçu (témoin ou «control greenhouse») durant le premier essai

Tirée de : Shipp et Wang (2006)

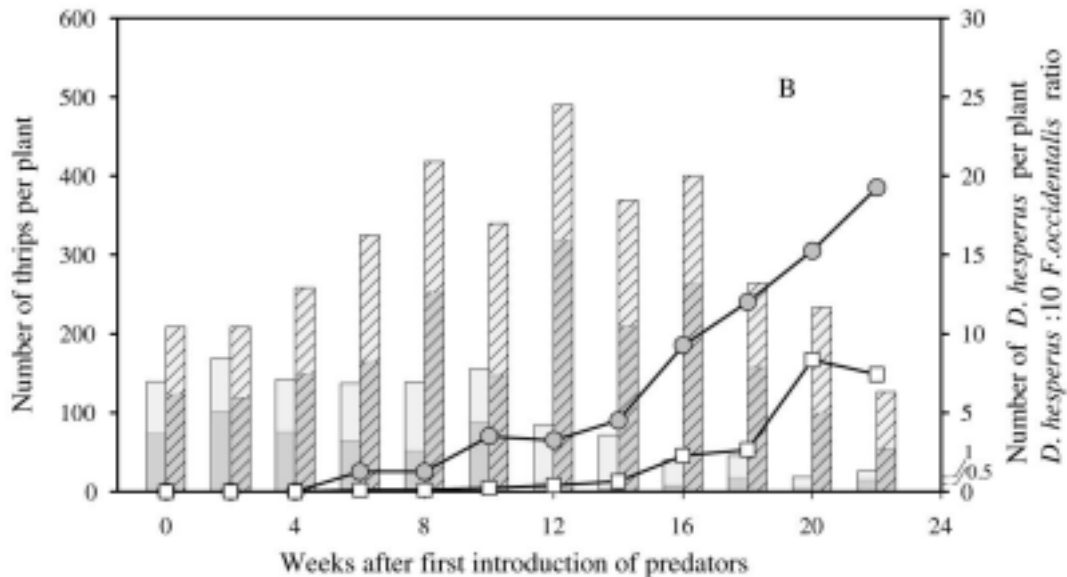


Fig. 6 - Densité de population de *F. occidentalis* et de *D. hesperus* par plant qui ont été déterminés aux deux semaines par lavage de plant dans la serre ayant reçu des *D. hesperus* et dans la serre n'en ayant pas reçu (témoin ou «control greenhouse») durant le deuxième essai

Tirée de : Shipp et Wang (2006)

Il est possible de constater que les populations de *F. occidentalis* ont été plus importantes tout au long des essais dans les serres témoins. Dans la serre qui recevait des prédateurs, les populations de *F. occidentalis* ont fluctué et ont même présenté de légères décroissances dès les premières introductions de prédateurs. Dans la serre témoin, les populations de thrips n'ont pas cessé de croître jusqu'aux environs de la semaine douze. Le fait que la population de *F. occidentalis* a présenté des fluctuations dans les serres recevant des prédateurs montre que *D. hesperus*, même à faible densité, a réussi à effectuer un contrôle du thrips. Durant les deux périodes d'essais, *D. hesperus* a réussi à se reproduire et à compléter son cycle de développement sur des plants de tomates en serre avec *F. occidentalis* en guise de proie. Cela a été constaté puisque les populations ont d'abord été établies à une punaise par plant et ont grimpé jusqu'à vingt et plus par plant à la fin des deux expérimentations. Lorsque le ratio *D. hesperus* : *F. occidentalis* a atteint 0,5 : 10, ce qui est arrivé aux alentours des semaines 12-14, les populations de thrips ont commencé à décliner considérablement. Cela suggère qu'un ratio d'au moins 0,5 punaises : 10 thrips représente le ratio idéal pour un contrôle efficace de *F. occidentalis* et ce, lorsque les populations de thrips atteignent environ cent par plant. Au final, les résultats de cette étude ont permis de conclure que *D. hesperus* représente un auxiliaire de lutte efficace pour le contrôle du thrips des petits fruits. Selon l'étude de Shipp et Wang (2006), lorsque la densité de *F. occidentalis* se situe à environ 60-150 individus par plant, il faut introduire 0.5 à 1 *D. hesperus* par 10 thrips. S'il n'est pas conseillé de dépasser 1 *D. hesperus* par 10 thrips, c'est parce qu'il a été observé qu'en haut de cela, *D. hesperus* commence à endommager les fruits (ce point est abordé à la section 3.25 du présent document).

1.3) *D. hesperus* en lien avec d'autres ravageurs des cultures de légumes en serre

D. hesperus a fait ses preuves contre plusieurs autres ravageurs des cultures de légumes en serre. Dans une étude effectuée par Ramírez-Ahuja et al. (2017), le mirid a montré sa capacité à se nourrir du psylle de la pomme de terre. Selon leurs résultats, *D. hesperus* peut s'attaquer et se nourrir de tous les stades du ravageur. Cependant, l'efficacité de *D. hesperus* contre ce ravageur n'a pas été évaluée lors de cette expérimentation. Dans l'étude présentée précédemment effectuée par Calvo et al. (2018a), une évaluation de l'efficacité de contrôle par le prédateur contre le psylle de la pomme de terre (*Bactericera cockerelli* Sulzer) a été effectuée. Les résultats traduisent un contrôle efficace du psylle. À la fin de cette expérimentation, les cages contenant le psylle et recevant des *D.*

hesperus présentaient près de quatre fois moins de psylles que celles qui ont hébergé uniquement le ravageur. D'autres résultats appuient ceux obtenus en 2018 par Calvo et al. (Calvo et al. 2016; Calvo et al. 2018b; Calvo et al. 2018c). Dans ces trois études, les résultats démontrent que *D. hesperus* a réussi à contrôler le psylle de façon efficace. Le psylle de la pomme de terre est un membre de la famille des psyllidés et est un ravageur majeur dans les cultures de tomate aux États-Unis, au Mexique et en Amérique centrale (Clavo et al. 2016). Il pourrait toutefois s'établir un jour au Canada et se retrouver dans les serres, puisque l'on retrouve déjà des spécimens isolés dans plusieurs régions, dont le Québec.

L'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) de la famille des aleyrodidés et le tétranyque à deux points ou tétranyque tisserand (*Tetranychus urticae* Koch) de la famille des tetranychidés sont deux ravageurs très importants dans les serres au Canada. L'aleurode des serres est probablement originaire du Brésil (Quaintance et Baker 1915 cités par Entomofaune du Québec inc. 2016). Sa distribution est aujourd'hui mondiale. Au Québec et au Canada, l'aleurode des serres est devenu l'un des ravageurs les plus importants des cultures légumières et ornementales en serre (Malais et Ravensberg 2006). Le tétranyque à deux points est un organisme nuisible mondialement, aussi bien en maraîcher, qu'en ornementale. C'est l'espèce la plus polyphage de la famille des tetranychidés (Malais et Ravensberg 2006). *T. vaporariorum* et *T. urticae* ont fait l'objet d'une étude effectuée par McGregor et al. (1999) qui visait à déterminer si *D. hesperus* avait un bon potentiel pour lutter contre ces ravageurs. Les expérimentations ont permis de conclure que les adultes de *D. hesperus*, mâles ou femelles, se nourrissent volontiers des deux ravageurs. De plus, le miridé a réussi à compléter son cycle de développement, de l'œuf à l'adulte en se nourrissant individuellement de ces deux types de proies sous des conditions de laboratoire.

D. hesperus a aussi présenté un contrôle effectif sur des plants de poivrons du puceron vert du pêcher (*Myzus persicae* var. *persicae* Sulzer) et un intérêt pour les œufs de la fausse-arpenteuse du chou (*Trichoplusia ni* Hübner) (Gillespie et al. 2007 cités par Castañe et al. 2011; McGregor et al. 1999 non publiée, cités par McGregor et Gillespie 2004). Le puceron vert du pêcher est originaire d'Asie et est un ravageur important des cultures de poivron, de tomate, de concombre et de nombreuses autres cultures (Malais et Ravensberg 2006). La fausse-arpenteuse du chou quant à elle, s'attaque à de nombreuses cultures maraîchères dont la tomate et le poivron en serre (Gouvernement du Canada 2018). *D. hesperus* peut se nourrir d'œufs d'autres lépidoptères que ceux de la fausse arpenreuse du chou. D'ailleurs, les œufs de pyrale de la farine (*Ephestia kuehniella* Zeller) sont régulièrement utilisés pour nourrir *D. hesperus* dans les serres (élaboration sur ce fait au point 2.32).

Les études énoncées ci-haut montrent que *D. hesperus* peut représenter un agent de lutte efficace contre plusieurs ravageurs important des cultures légumières en serre. Le fait que ce miridé peut être utilisé contre différents organismes nuisibles est très intéressant. Selon Calvo et al. (2018a), cela pourrait techniquement permettre de réduire la complexité et les coûts liés à la mise en place d'un programme de lutte biologique en permettant de réduire la quantité d'auxiliaires de lutte qu'il est nécessaire de relâcher. Cependant, il est nécessaire de s'intéresser à la façon la plus optimale d'utiliser *D. hesperus*. Qu'elle est la meilleure méthode pour favoriser un contrôle efficace? Est-il préférable d'effectuer des introductions systématiques préventives et curatives ou vaut-il mieux procéder à l'élevage dans le but de maintenir une population en permanence dans la serre?

2) *D. hesperus*

2.1) Historique

D. hesperus est une punaise originaire de l'Amérique du Nord (Cassis 1984 citée par Ramírez-Ahuja et al. 2016). Elle est indigène au Canada (Lambert et al. 2005). Elle a été découverte en 1997 par le chercheur Dave Gillespie de la station de recherche d'Agriculture

Canada à Agassiz dans la Vallée d'Okanagan, en Colombie-Britannique. Suite à cette découverte, de nombreuses recherches ont débuté dans le but d'évaluer son potentiel de prédation, son cycle de développement, sa sensibilité aux pesticides et les possibilités d'élevages et de maintien en serre de cet insecte. L'utilisation de *D. hesperus* au Canada aurait débuté suite à des observations effectuées en Europe. En effet, l'industrie canadienne des serres a cherché à appliquer des alternatives de contrôle biologique similaires à celles développées en Europe avec *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Castañe et al. 2011). Cette punaise omnivore de la même sous-famille est très efficace, mais ne peut malheureusement pas être importée. *D. hesperus* a été testé au Canada pour la première fois contre l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) dans une serre de tomate et les résultats ont été favorables. Aujourd'hui, *D. hesperus* est commercialisé par Bioline Agrosiences et AnatisBioprotection (Bioline Agrosiences 2020; Anatis Bioprotection 2020).

2.2) Cycle de vie

La nymphe ainsi que l'adulte *D. hesperus* sont omnivores. Cet insecte possède des pièces buccales de type piqueur-suceur. Selon Anatis Bioprotection (2020), son temps de développement est de cinq semaines à 25°C alors qu'il est de huit semaines à 20°C. Une femelle pond en moyenne 3 œufs par jour à l'intérieur des tissus végétaux (feuilles ou tiges) et pondra environ 88 œufs au cours de sa vie. Après deux semaines de développement, la larve émerge de l'œuf et devra passer par quatre stades avant de devenir adulte. Au total, *D. hesperus* présente donc six stades, dont certains sont présentés ci-dessous (figure 7-8-9).



Fig. 7 - *D. hesperus* en stade 3 ou 4 (gauche) et en stade 5 (droite)



Fig. 8 - *D. hesperus* en stade 5, la veille de la mue au stade adulte (gauche) et en stade 6 (adulte), le lendemain de la mue (droite)



Fig. 9 - *D. hesperus* adulte qui commence à prendre des couleurs (gauche) et adulte présentant la coloration finale (droite)

Tirée de : Entomofaune du Québec inc. (2013)

Ces figures permettent de se familiariser visuellement avec le sujet en question à plusieurs stades. Minimalement, *D. hesperus* nécessite 13 heures de photopériode par jour et 15°C ou plus de température sans quoi il peut entrer en diapause. Cette punaise est tolérante en termes de température alors que les températures optimales d'élevage se situent entre 20 et 35°C. Pour un bon développement, il est conseillé de lui fournir une humidité relative de 60% et plus.

2.3) *D. hesperus* dans la serre

2.31) Une plante réservoir pour *D. hesperus*

Lors de l'achat de *D. hesperus* auprès d'Anatis Bioprotection ou chez Bioline Agrosociences, il est conseillé d'entretenir des plants de molène (*Verbascum thapsus* Linné) pour entretenir les populations (Anatis Bioprotection 2020; Bioline Agrosociences 2020). Il faut un minimum de deux plants pour 100 m² (Lambert et al. 2005). Se nourrir sur une plante permet aux organismes omnivores de faciliter leur survie et leur maintien lorsque la densité de proies est faible (Bugg et al. 1987; Eubanks and Denno 1999; Gillespie et al. 2012 cités par Nguyen-Dang et al. 2016). L'omnivorisme représente alors un avantage puisque les auxiliaires de lutte tels que *D. hesperus* peuvent survivre dans la serre même lorsqu'il n'y a pas ou peu de proies. À l'inverse, des auxiliaires de lutte exclusivement prédateurs mourraient ou quitteraient la culture à la recherche de nourriture aussitôt que la densité de proies serait trop faible ou nulle. Il est ainsi possible d'établir une population de *D. hesperus* avant l'apparition de ravageurs, ce qui permet de prévenir une apparition exponentielle ou un «boom». Cela nécessite toutefois une plante hôte puisque l'on ne veut pas que la punaise s'alimente sur la culture.

D'après la littérature scientifique, la molène est la meilleure plante hôte pour *D. hesperus*. Une étude menée par Sanchez et al. (2003) avait pour objectifs de déterminer si la molène dans une serre de tomates permet de faciliter l'établissement de *D. hesperus* sur la culture et si elle peut contribuer à stimuler le prédateur à s'attaquer aux proies. Les chercheurs désiraient aussi vérifier si la molène permet aux populations de persister lorsque la densité de proies est faible. Deux serres étaient utilisées et étaient divisées en deux petites serres afin de produire deux répliques. Au final, deux serres contenaient uniquement des plants de tomate alors que les deux autres contenaient aussi des plants de molène. Cent aleurodes et cent *D. hesperus* ont été relâchés dans chaque serre à vingt jours d'intervalle. L'utilisation de la molène a eu un impact considérable sur la dynamique des populations de *D. hesperus*. D'abord, il a été observé qu'une quantité plus importante de miridés sont restés dans les serres dans lesquelles il y avait des plants de molène. Seulement une semaine après l'introduction des prédateurs, une quantité plus importante de ceux-ci était observée dans les serres avec molène. Le nombre cumulé de prédateurs, de la semaine 1 après l'introduction jusqu'à la semaine 6, était aussi plus élevé dans les serres contenant de la molène. Ces résultats indiquent que *D. hesperus* a pu s'établir de façon plus rapide et efficace dans les serres contenant la plante hôte. Un autre fait intéressant est que les densités de prédateurs étaient plus élevées sur les plants de molène lorsque les densités d'aleurodes étaient plus faibles. De plus, à la fin de la saison expérimentale, il y avait plus de *D. hesperus* dans les serres avec des molènes. Ainsi, les résultats semblent démontrer que l'utilisation de la molène comme hôte alternatif permet un établissement plus rapide et efficace de *D. hesperus* dans les serres de tomates, en plus d'aider à soutenir les populations lorsque les densités de proies sont faibles. La molène peut servir de plante réservoir, ce qui permet de contribuer à obtenir une réponse plus rapide de la part du prédateur à l'apparition d'aleurodes ou d'autres ennemis des cultures.

Sanchez et al. (2004) ont quant à eux testé les préférences de *D. hesperus* entre neuf plantes. Des plants de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), de poivron (*Capsicum annuum* Linné), de molène, de cataire (*Nepeta cataria* Linné), de *Stachys albotomentosa* (Linné), de tabac commun (*Nicotiana tabacum* Linné), de vesce commune (*Vicia sativa* Linné), de blé d'Inde (*Zea mays* Linné) et de chrysanthème à couronnes (*Chrysanthemum coronarium* Linné) ont été testés. Lorsque des *D. hesperus* étaient relâchés sur chacune des plantes et que la densité de proies était nulle, la plupart des punaises quittaient les plants sauf la molène, qui avait conservé la majorité des individus initialement introduits. Celle-ci semblait donc être la plante préférée par le prédateur parmi les neuf qui ont été présentées.

Nguyen-Dang et al. (2016) ont, pour leur part, comparés trois plantes hôtes, la molène, l'aubergine (*Solanum melongena* Linné) et le poivron. Les résultats obtenus montrent que la culture des tomates et des molènes ensemble est bénéfique pour les populations de *D. hesperus* et que la molène représente la meilleure plante hôte pour *D. hesperus*, parmi les trois testées. Ils ont aussi montré que, même

sans ajout de nourriture, la molène permet de supporter une croissance faible des populations au contraire du poivron et de l'aubergine. Cela a aussi été observé par Lucas et Fournier (2018) qui, lors de leurs expérimentations, ont vu les populations de *D. hesperus* passer de 6 à 9 individus en moyenne par plant en utilisant uniquement la molène comme source d'alimentation. Cependant, lorsqu'une diète animale était fournie aux punaises, la croissance de la population était de 5 à 9 fois plus élevée. La section suivante permet de valider l'importance de fournir une nourriture animale supplémentaire à *D. hesperus*.

2.32) Des suppléments nutritionnels pour *D. hesperus*

Utiliser des cystes d'*Artémia* spp. ou des œufs de pyrale de la farine (*Ephestia kuehniella* Zeller) pour compléter l'alimentation de *D. hesperus* a fait ses preuves pour faciliter son établissement et le maintien des populations. Chez Bioline Agrosociences et Anatis Bioprotection, on conseille l'ajout d'œufs d'*Ephestia* sur des plants de molène pour introduire *D. hesperus* (Bioline Agrosociences 2020; Anatis Bioprotection 2020). L'artémie, de son nom français, est une petite crevette dont les œufs sont appelés des cystes. Ces cystes doivent être réhydratés dans le but d'en ramollir la coquille pour que la punaise puisse en aspirer le contenu.

Dans la section précédente, certains résultats obtenus par Sanchez et al. (2004) ont été présentés. Dans leur étude, ils ont aussi testé l'apport de nourriture supplémentaire (œufs d'*E. Kuehniella*) sur les plantes hôtes. Ils ont montré que le temps de développement était plus court et que la survie de *D. hesperus* était plus importante avec cet apport. D'autres études ont permis de confirmer cela. Labbé et al. (2018) ont travaillé tout particulièrement dans le but d'obtenir des résultats qui mettent en évidence l'importance de la nourriture supplémentaire pour un établissement plus efficace de deux punaises prédatrices sur les cultures, soit *Orius insidiosus* (Say) et *D. hesperus*. Les trois types de nourriture testés étaient des cystes d'*Artémia* spp., des œufs d'*Ephestia* et du pollen de massette à larges feuilles (*Typha latifolia* Linné), seule ou en combinaison. Le pourcentage de survie des nymphes en fonction des rations est présenté ci-dessous (figure 10).

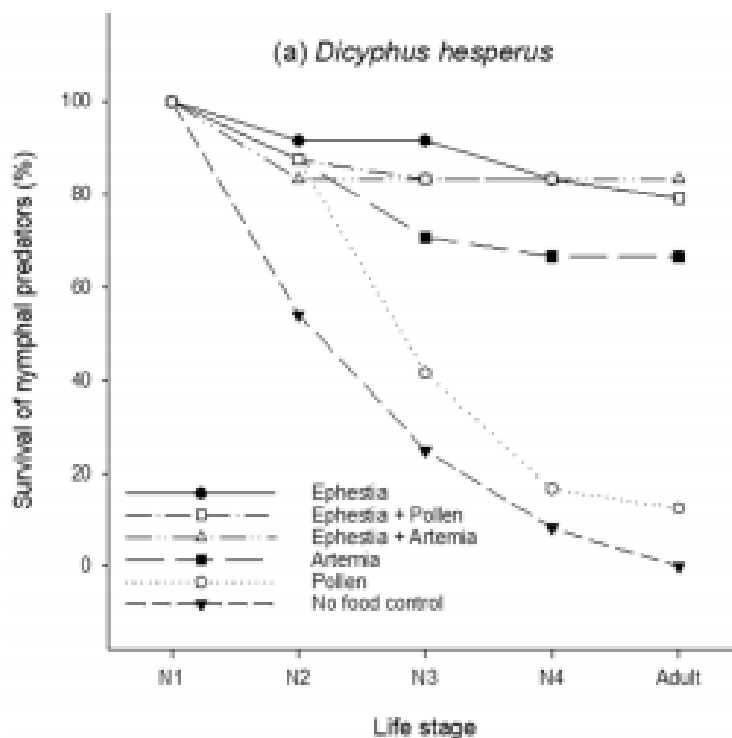


Fig. 10 – Pourcentage de survie de chaque stade de développement nymphal de *D. hesperus* jusqu'au stade adulte, lorsqu'élevé avec différents types de nourriture supplémentaire ou aucune nourriture

Tiré de : Labbé et al. (2018)

Les œufs d'*Ephestia* ont permis d'assurer le meilleur taux de survie au stade nymphal. Le pollen de massette, au contraire, a été la ration la moins effective pour assurer un bon taux de survie. Les combinaisons effectuées (*Ephestia* + pollen et *Ephestia* + *Artémia*) ont permis d'obtenir des taux de survie assez élevée, semblable à celui obtenu avec les œufs d'*Ephestia* seul. Lorsqu'il n'y avait pas de nourriture supplémentaire, les *D. hesperus* n'ont pas pu se développer jusqu'au stade adulte, ce qui montre qu'il est nécessaire d'en utiliser. Le temps de développement pour chaque stade en fonction des rations est présenté ci-dessous (tableau II).

Tableau II – Temps requis pour *D. hesperus* afin de compléter chaque stade de développement lorsque nourrit avec différents types de nourriture

Treatment	Developmental time (mean days \pm SEM)				
	N1	N2	N3	N4	Total N1- adult
Pollen + <i>Ephestia</i>	3.3 \pm 0.53	4.2 \pm 0.56	4.8 \pm 0.52	5.3 \pm 0.50	17.3 \pm 0.73 a
<i>Artemia</i> + <i>Ephestia</i>	3.4 \pm 0.44	4.3 \pm 0.26	4.6 \pm 0.43	5.5 \pm 0.47	17.7 \pm 0.58 ab
<i>Ephestia</i>	3.5 \pm 0.43	5.1 \pm 0.36	4.1 \pm 0.40	5.9 \pm 0.46	18.3 \pm 0.83 ab
<i>Artemia</i>	4.8 \pm 0.25	4.7 \pm 0.59	5.3 \pm 0.50	5.9 \pm 0.61	20.7 \pm 0.78 bc
<i>Typha</i> pollen	2.0 \pm 2.0	4.5 \pm 1.5	16.5 \pm 13.5	6.0 \pm 4	29.0 \pm 9.0 c
No food control	3.3 \pm 0.72	5.8 \pm 1.5	4.5 \pm 0.5	NA	NA

Tiré de : Labbé et al. (2018)

Ce sont les combinaisons qui ont permis les taux de développement totaux les plus courts. En ce qui a trait aux rations individuelles, les œufs d'*Ephestia* ont permis les développements les plus courts. Les œufs d'*Ephestia* ainsi que toutes les rations qui en contenaient sont ceux qui ont permis d'obtenir le plus grand nombre de *D. hesperus* par cage. Si les œufs d'*Ephestia* sont les plus intéressants pour l'établissement de *D. hesperus*, ils représentent cependant les proies les plus chères. En effet, selon Lucas et Fournier (2018), les œufs d'*Ephestia* au Québec coûtent environ 1000 à 1250\$ du kilo alors que les cystes d'*Artémia* se vendent près de dix fois moins cher (environ 70 à 100\$ le kilo). Pour introduire les suppléments alimentaires, il suffit de les inoculer sur la plante réservoir (figure 11).



Fig. 11 - Molène inoculée avec des cystes d'*Artémia* réhydratés et sur laquelle il est possible d'observer plusieurs spécimens de *D. hesperus*

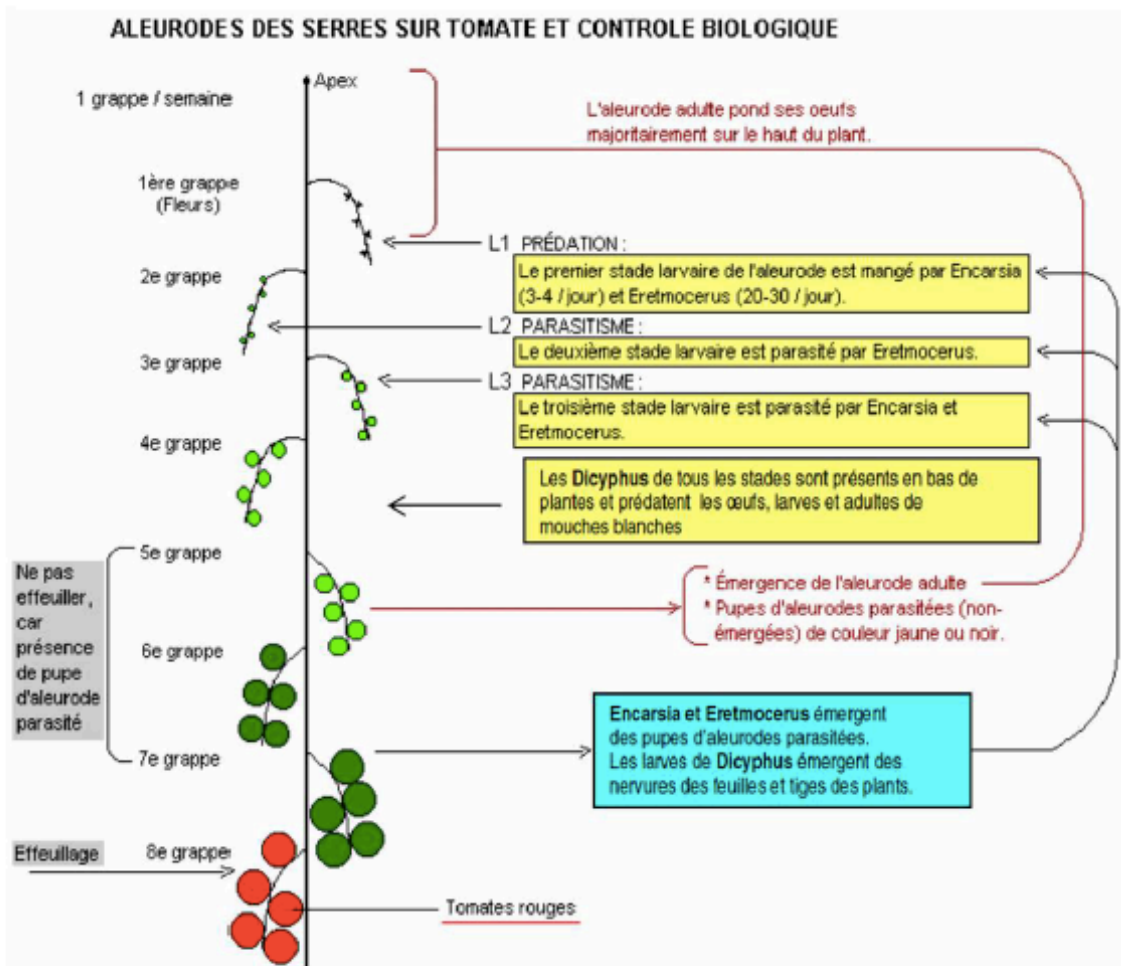
Photo : Gilles Turcotte

Les plages orangées que l'on observe sur le plant de molène sont en fait des amas de milliers de cystes. Pour des cystes d'*Artémia*, ceux-ci doivent être réhydratés soit par trempage, en utilisant un tamis avant l'inoculation sur la molène, ou en vaporisant de l'eau directement sur les cystes après l'inoculation. Lucas et Fournier (2018) ont montré que d'introduire la nourriture supplémentaire

directement sur la culture diminue le niveau de contrôle biologique par *D. hesperus* parce que dans ce cas, il s'intéresse davantage à cette source de nourriture qu'aux proies vivantes (ravageurs).

2.33) Nécessité d'utiliser *D. hesperus*, possibilités d'élevage et coûts.

Deux entrevues téléphoniques ont été réalisées dans le but de discuter de la nécessité d'utiliser ce prédateur au Québec, des possibilités et des conditions d'élevage nécessaires et des coûts que cela peut représenter par rapport à des lâchers systématiques. Les entrevues se sont déroulées avec madame Liette Lambert, agronome pour le MAPAQ et monsieur Gilles Turcotte agronome, M.Sc., expert-conseil en serriculture. Selon eux, *D. hesperus* est actuellement le prédateur le plus intéressant dans les serres de tomates pour effectuer la lutte biologique contre les aleurodes. Non seulement il est versatile, mais c'est un auxiliaire de lutte que l'on arrive à conserver dans les serres au Québec à l'année. Des parasitoïdes comme *Encarsia formosa* (Gahan) et *Eretmocerus eremicus* (Rose et Zolnerowich) sont efficaces, mais lorsque l'on réalise l'effeuillage des plants en hiver dans les serres avec éclairage artificiel, ces deux auxiliaires n'arrivent pas à compléter leur cycle de développement (figure 12).



Réalisé en 1999 par : Ronald Valentin, Bioline AgroSciences et Liette Lambert, MAPAQ

Fig. 12 - Croissance approximative d'un plant de tomate au fil des semaines et interactions entre les différents auxiliaires de lutte et l'aleurode des serres sur ce plant

Tirée de : Lambert et Müller (2020)

E. formosa et *E. eremicus* se nourrissent des jeunes larves d'aleurodes (stade L1), mais pondent dans les larves en développement (L2 et L3). Puisque les nymphes L2, L3 et L4 de l'aleurode sont immobiles, la croissance naturelle des plants de tomates fait que les nymphes parasitées se retrouvent pile dans la partie où les producteurs réalisent l'effeuillage en hiver. Ainsi, les adultes d'*E. formosa* et d'*E. eremicus* ne peuvent pas émerger lorsque les feuilles sont jetées. La stratégie qui a été développée par les producteurs est de laisser les feuilles au sol, sous les plans (figure 13).



Fig. 13 - Photo des plants de tomate dans une serre suite à l'effeuillage effectué dans le bas des plants

Photo : Gilles Turcotte

Toutefois, si certains adultes parasitoïdes arrivent à émerger, beaucoup meurent puisque les feuilles sèchent rapidement au sol (ainsi que les nymphes d'aleurodes parasitées). C'est là que *D. hesperus* est avantageux. Les stades larvaires de *D. hesperus* se retrouvent en grands nombres dans les résidus de culture laissés au sol en hiver qui leur fournissent un abri dans lequel il est également possible de trouver des proies.

La raison pour laquelle c'est l'effeuillage hivernal qui pose particulièrement problème pour les parasitoïdes est qu'en été, les larves parasitées de l'aleurode ne se retrouvent pas dans la partie du plant qui est effeuillée. Puisqu'il fait plus chaud, les cycles de développement des parasitoïdes sont plus courts. De plus, on conserve plus de feuilles par plants durant cette saison et les températures estivales plus élevées favorisent la survie des ces auxiliaires de lutte. Les producteurs qui n'utilisent pas d'éclairage artificiel et qui produisent donc seulement l'été ont moins de difficultés à utiliser les parasitoïdes, mais utilisent tout de même *D. hesperus*. Avoir un auxiliaire de lutte de plus à leur disposition rend la lutte biologique d'autant plus efficace en permettant d'utiliser des organismes avec différents cycles biologiques. De plus, Mme Lambert a affirmé qu'avant *D. hesperus*, il n'existait aucun auxiliaire de l'ordre des hémiptères utilisé au Québec.

Un autre avantage que *D. hesperus* a par rapport aux deux parasitoïdes est qu'il est possible d'en faire l'élevage. M. Turcotte a affirmé que lorsque vient le temps d'effectuer le vide sanitaire, il suffit de sortir les plants de molène (qui contiennent des *D. hesperus*) et de les mettre dans le compartiment de serre indépendant dédié à l'élevage. En effet, un producteur qui désire réaliser l'élevage doit avoir un lieu dans lequel il cultive des molènes à l'année et sur lesquelles il introduit des cystes d'*Artémia* ou des œufs d'*Ephestia* ou un mélange des deux. De cette façon, s'il manque de *D. hesperus* sur les cultures par rapport aux ravageurs, il est possible d'en introduire davantage. D'après Mme Lambert et M. Turcotte, les producteurs québécois qui utilisent *D. hesperus* se procurent leurs plants de molène directement à l'extérieur, ce qui permet d'éviter l'achat de semences. Cette plante est indigène et n'est pas une espèce rare.

Effectuer l'élevage reviendrait moins cher que d'acheter systématiquement des punaises, selon Mme Lambert et M. Turcotte. Chez Bioline AgroSciences, *D. hesperus* est vendu dans des bouteilles de 250 ml contenant 250 adultes et larves (L4) au prix de 200\$ US (Bioline Agrosciences 2020). Avec la compagnie Anatis Bioprotection, des formats de 250 adultes uniquement sont proposés (Anatis Bioprotection 2020). Un appel téléphonique effectué le 24 mars 2020 avec un préposé à la recherche et au développement travaillant chez Anatis Bioprotection a permis de confirmer le prix de 199,95\$ canadiens pour 250 adultes. Il faut une quantité de 0,25 à 0,5 *D. hesperus* par m² en préventif et de 1 ou 2 par m² en curatif pour les cultures en général, selon le préposé (Anatis Bioprotection 2020). En préventif, il suffit d'effectuer 2 introductions distancées de 14 jours. Pour un traitement curatif, il faut répéter les introductions aux 2-3 semaines si le problème persiste. Ainsi, il est possible d'imaginer les coûts pour une production de 10 000 m². *D. hesperus* est donc un auxiliaire de lutte dispendieux. Cependant, monsieur M. Turcotte et Mme Lambert ont affirmé que d'élever *D. hesperus* revient environ trois à quatre fois moins cher. Il est important de mentionner que *D. hesperus* prend beaucoup de temps à s'établir (3 à 6 mois avant de devenir efficace). Pour un producteur qui produit durant l'hiver par exemple, il est important qu'il introduise ses molènes et ses populations tôt au début de la saison de production, par exemple, au mois d'août pour que les punaises soient efficaces en décembre/janvier (période où les populations de parasitoïdes sont le plus faibles).

D. hesperus a aussi montré son efficacité par rapport à d'autres auxiliaires, tel que *Orius insidiosus* (Say). *O. insidiosus* est une punaise de la famille des anthocoridés utilisée au Québec. Sous les conditions expérimentales de Dumont et al. (2019), *O. orius* aurait été moins efficace à contrôler les populations de *B. tabaci* que *D. hesperus*. Ainsi, pour toutes les raisons énoncées ci-haut, l'intérêt et la nécessité d'utiliser *D. hesperus* semblent évidents.

2.34) Possibilité de combinaison avec un parasitoïde

La possibilité de combiner *D. hesperus* avec un parasitoïde afin de pouvoir améliorer l'efficacité des programmes de lutte biologique a été évaluée par quelques chercheurs. Des études récentes ont permis de montrer que cela est possible et efficace. Calvo et al. (2018b) ont présenté des résultats qui suggèrent que la combinaison de *D. hesperus* avec *E. eremicus* est plus efficace pour lutter contre *B. tabaci* que l'utilisation d'uniquement l'un ou l'autre des auxiliaires. Les densités d'adultes et de nymphes de *B. tabaci* par feuille de plant de tomates au cours de l'expérience sont présentées ci-dessous (figure 14 et 15).

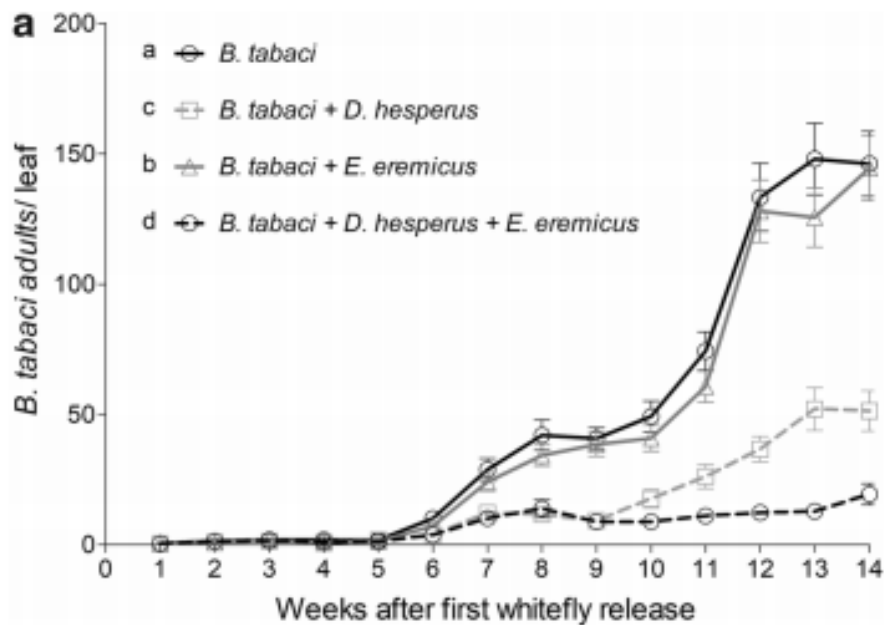


Fig. 14 - Nombre de *B. tabaci* adultes dénombrés par feuille de plant de tomates suite à des introductions de *D. hesperus*, de *E. eremicus* ou de la combinaison des deux

Tirée de : Calvo et al. (2018b)

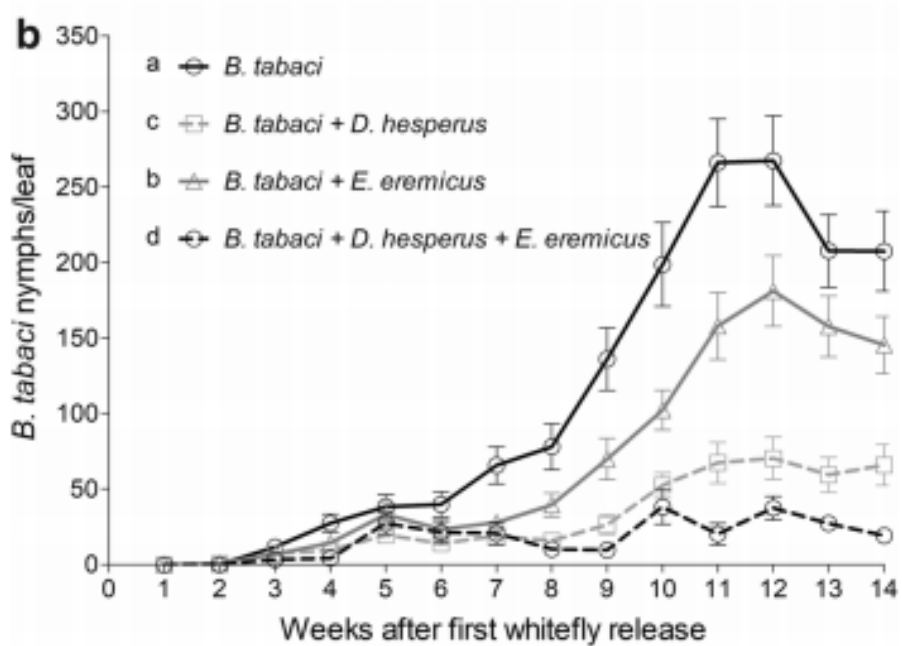


Fig. 15 - Nombre de *B. tabaci* nymphes dénombrées par feuille de plant de tomates suite à des introductions de *D. hesperus*, de *E. eremicus* ou de la combinaison des deux

Tirée de Calvo et al. (2018b)

Ces deux figures mettent en évidence le fait que la combinaison du parasitoïde et du prédateur est le seul moyen qui a permis de maintenir la quantité d'adultes et de nymphes de *B. tabaci* à moins de 50 individus par feuille tout au long de l'expérience. Ainsi, sous les conditions expérimentales auxquelles les organismes ont été soumis, un meilleur contrôle a été effectué lors de la combinaison du prédateur avec le parasitoïde. Ils ont aussi testé la combinaison de *Tamarixia triozae* (Burks) et de *D. hesperus* pour lutter contre *B.*

cockerelli. Le contrôle a été plus efficace contre le psylle lorsque le prédateur et le parasitoïde ont été utilisés de paires dans les dispositifs expérimentaux. Calvo et al. (2018b) ne sont pas les seuls à avoir obtenu de tels résultats. Une autre étude en 2018 a aussi été réalisée et les résultats indiquaient que la combinaison de *D. hesperus* avec un parasitoïde peut représenter une façon de lutter plus efficace contre *B. tabaci* ou *B. cockerelli* que l'utilisation seule du prédateur ou du parasitoïde (Calvo et al. 2018c). Aussi, Ramirez-ahuja et al. (2017) ont montré que la combinaison de *D. hesperus* avec *T. triozae* a un effet additif et intéressant sur le contrôle de *B. cockerelli*, puisque chacun ne s'attaque pas au même stade nymphal du ravageur.

2.35) Possibilité de combinaison avec un mycète

Parmi les autres organismes qui pourraient être utilisés dans un même programme de lutte biologique que *D. hesperus*, il y a les champignons entomopathogènes. Autrefois, c'était *E. formosa* qui représentait l'auxiliaire de lutte biologique le plus utilisé contre *T. vaporariorum* (Van Lenteren et al. 1996; Van Lenteren 2000; Avilla et al. 2004 cités par Labbé et al. 2009). Cependant, la réduction de température et de photopériode hivernales réduit l'efficacité de ce parasitoïde. Pour fournir des pistes visant à résoudre le problème, Labbé et al. (2009) ont entrepris de tester s'il serait possible de jumeler le parasitoïde avec des auxiliaires de lutte possédant des attributs complémentaires. L'étude menée par Labbé et al. (2009) s'intéressait donc principalement à ajouter *Beauveria bassiana* (Balsamo), un champignon entomopathogène, dans un programme de lutte avec *D. hesperus* et *E. formosa* contre l'aleurode des serres. Pour cette expérimentation, *B. bassiana* était testé sous forme de BotaniGard® 22 WP, une formulation renfermant des conidies du champignon de souche GHA. Au final, les résultats portent à croire que *B. bassiana* peut être compatible avec *D. hesperus* et *E. formosa*. En effet, l'application de BotaniGard® en combinaison avec les lâchers de *D. hesperus* et de *E. formosa* a contribué à réduire efficacement les populations de *T. vaporariorum*. De plus, le champignon n'a pas réduit de façon significative les populations de prédateurs et de parasitoïdes. *B. bassiana* aurait cependant compétitionné avec *D. hesperus*, dont la prédation aurait été moins importante dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoins. Cela pourrait être dû au fait que *D. hesperus* ne s'intéressait pas aux proies infectées par le champignon puisque celles-ci représentaient une nourriture de moins bonne qualité, en moins bonne santé.

Au final, les informations recueillies permettent de conclure que *D. hesperus* peut être élevé en serre et qu'il est même préférable de procéder ainsi d'un point de vue économique. De plus, il peut être introduit dans un programme de lutte avec au moins trois parasitoïdes et/ou *B. bassiana*. Puisqu'il est omnivore, *D. hesperus* peut cependant représenter un risque pour les cultures. La section suivante traite de cet aspect et propose des pistes de solutions pour éviter les dommages aux cultures.

3) Son côté phytophage (pourquoi et comment le minimiser) et optimisation du côté prédateur

3.1) Dommages causés aux plants

D. hesperus est nuisible pour les cultures lorsqu'il s'attaque au fruit (McGregor et al. 2000). Cependant, cette punaise s'alimente en général sur les feuilles et les tiges ce qui ne semble pas nuire au rendement et ne représente pas de risque à la production de fruits vendables. De plus, les femelles *D. hesperus* s'attaquent uniquement aux feuilles. En effet, les femelles s'attaquent aux fruits uniquement en l'absence de feuilles sur le plant (McGregor et al. 2000). Le côté phytophage de *D. hesperus* serait plutôt complémentaire et cette punaise est principalement zoophage (Sanchez et al. 2004). Une tomate qui ne peut pas être vendue en tant que fruit de catégorie 1 à cause de piqûres par *D. hesperus* est présentée ci-dessous (figure 16). Les petits points jaunes présents à la surface de l'épiderme du fruit sont les endroits où la punaise a piqué. Il est à noter qu'une décoloration de ce genre est liée à une piqûre dans le mésophile du fruit, alors qu'une malformation est engendrée seulement si la punaise pique plus profondément, dans le méristème (Lucas et Fournier 2017).



Fig. 16 - Tomate présentant de nombreuses piqûres de *D. hesperus* (petits points jaunâtres)

Tirée de : Greenhouseipm.org (2015)

3.2) *D. hesperus* et la phytophagie

3.21) Souche

Il semblerait qu'il existe des souches de *D. hesperus* plus phytophages que d'autres. Au CRAM (centre de recherches agroalimentaire de Mirabel), Mme Geneviève Labrie et M. François Dumont travaillent actuellement sur un projet qui vise à déterminer s'il existe des génétiques plus zoophages et d'autres plus phytophages. M. Dumont, Ph.D, a confirmé, lors d'une entrevue téléphonique réalisée le 3 avril, détenir des résultats qui prouvent qu'il existe des souches plus zoophages de *D. hesperus*, mais les tests pour vérifier la phytophagie n'ont pas encore été effectuée. Cependant, il croit fortement que des génétiques à caractère plus phytophages existent, puisque d'autres de ses recherches sur les punaises l'ont démontré. Par exemple, il serait possible de mentionner son étude sur la punaise de la molène (*Campylomma verbasci* Meyer) qui a permis de prouver qu'il existe des génotypes qui se nourrissent davantage de proies, alors que d'autres préfèrent se nourrir de plantes (Dumont et al. 2016).

3.22) Besoin en nutriments essentiels

En se nourrissant de plantes, la punaise acquiert aussi certains nutriments essentiels et minéraux qui contribuent à son développement. Gillespie et McGregor (2000) ont d'ailleurs démontré que cela pouvait permettre de réduire le temps de développement des nymphes de 2 jours. Cependant, *D. hesperus* survit beaucoup mieux lorsqu'il s'alimente uniquement avec des sources animales qu'uniquement avec des sources végétales. De plus, lors de l'étude menée par Sanchez et al. (2004), les nymphes nourries avec des proies et des feuilles de plant de tomates ont présenté un taux de développement plus rapide que celles nourries avec des proies et de l'eau. Cela indique que la feuille de plant de tomates permet de compléter les nutriments obtenus en se nourrissant de proies (Gillespie et McGregor 2000 cités par Sanchez et al. 2004).

3.23) Qualité des plants et des proies

Dans la section 2.35 du présent document, une étude menée par Labbé et al. (2009) a été abordé. Les résultats de cette étude montraient que la prédation par *D. hesperus* avait été moins importante dans les dispositifs où il y avait eu un traitement avec un champignon entomopathogène. Il a été énoncé que cela portait à penser que la punaise ne s'intéressait pas aux proies infectées par le champignon. Ainsi, il est important de songer à cela si un producteur désire utiliser une telle combinaison d'auxiliaires puisque *D. hesperus* pourrait se diriger davantage vers la culture s'il n'a pas de proie en santé pour se nourrir.

Il semble que *D. hesperus* ait une bonne capacité à déterminer ses besoins nutritionnels et à déterminer ce qui peut représenter une meilleure source de nutriments pour lui. Vankosky et VanLaerhoven (2015) se sont intéressés à savoir si la qualité des plants et des proies avait une influence sur le comportement de recherche de nourriture de *D. hesperus*. Cinq comportements ou activités faisaient l'objet des observations : autres, recherche de proies, recherche de plantes, se nourrit de plante, se nourrit d'une proie (figure 17).

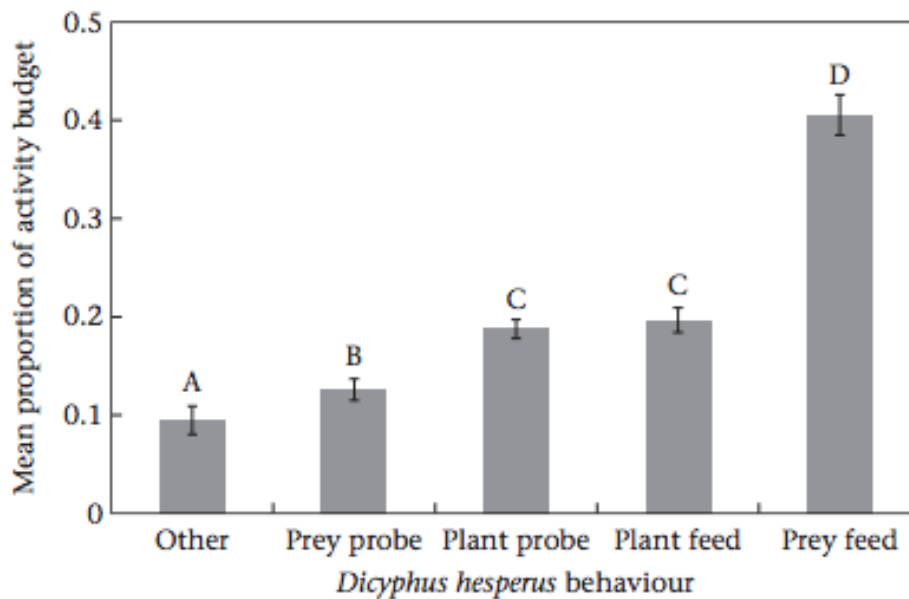


Fig. 17 - Proportion du temps passé par *D. hesperus* à se nourrir de proies ou de plantes, à rechercher des proies ou des plantes ou à afficher d'autres comportements

Sur cette figure, il est possible de constater que *D. hesperus* a passé la plus grande proportion de son temps à se nourrir de proies, ce qui montre que la punaise est majoritairement prédatrice. D'autres résultats de l'expérimentation ont permis de montrer que le temps passé par *D. hesperus* pour chaque activité est affecté par la qualité des plantes et des proies. Lorsque des proies de haute qualité (proies élevées sur des plants de tomates fertilisés avec beaucoup d'azote) étaient fournies au prédateur dans des dispositifs contenant des folioles de plants de tomates à faible, moyenne et haute teneur en azote, celui-ci passait la majeure partie de son temps à se nourrir des proies. Ce résultat était attendu par les chercheurs. Cependant, lorsque des proies élevées sur des plants fertilisés avec de faibles teneurs en azote étaient fournies (proie de faible qualité), la qualité des folioles a eu un impact sur la proportion de temps que les punaises ont passé à s'alimenter sur ceux-ci. En présence de proies de faible qualité, les punaises ont passé plus de temps à se nourrir sur les folioles à haute et à faible teneur en azote, alors qu'ils en ont passé moins sur les folioles à teneur intermédiaire (22%, 26% et 14% du temps respectivement). Les chercheurs s'attendaient à ce que la punaise s'alimente davantage sur les folioles à haute teneur en azote en présence de proies de moins bonne qualité. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les punaises étaient capables d'obtenir plus de nutriments essentiels et d'énergie en se nourrissant sur des folioles de plant de tomates à faible et à haute teneur en azote. Un herbivore qui s'alimente sur un plant vigoureux peut bénéficier de plus de nutriments alors que ceux-ci se retrouvent en excès dans la

plante (Price 1991 cité par Vankosky et VanLaerhoven 2015). Cependant, les herbivores peuvent aussi bénéficier de plantes subissant un stress puisque celles-ci sont souvent caractérisées par une mobilisation de nutriments d'autant plus facile à digérer (White 1984 cité par Vankosky et VanLaerhoven 2015). Au final, il est à remarquer que *D. hesperus* modifie son comportement alimentaire en fonction de la qualité des plantes et des proies.

3.24) Nécessité de consommer de l'eau

Selon Gillespie et McGregor (2000), si *D. hesperus* se nourrit de la sève des plantes, c'est en partie pour satisfaire ses besoins en eau. L'eau est nécessaire afin de pouvoir digérer les proies de façon extraorale. Étant donné que les punaises possèdent un rostre, elles doivent piquer et injecter des enzymes digestives à l'intérieur de leur proie pour pouvoir en absorber le contenu. La solution contenant des enzymes digestives contient aussi de l'eau, d'où la nécessité d'en prélever. L'eau est aussi essentielle au développement de *D. hesperus*. Dans l'étude de Gillespie et McGregor, lorsqu'aucune source d'eau n'était fournie aux nymphes, près de l'entièreté des punaises n'ont pas pu terminer leur développement. Les nymphes avaient toutefois accès à des proies, ce qui montre que c'est l'eau qui représentait l'élément limitant.

Malgré le fait que *D. hesperus* doit parfois piquer les plants pour se ressourcer en eau, lors de l'entrevue téléphonique M. Dumont a confirmé que ce n'est pas à ce moment que la punaise engendre des dommages aux cultures. Il a plutôt mentionné le manque de proies ou la densité trop élevée de prédateurs par rapport aux proies.

3.25) Problème de densité trop élevée de prédateurs par rapport au nombre de proies

Dans leur étude, Shipp et Wang ont aussi évalué les dommages aux fruits par *F. occidentalis*, mais aussi par *D. hesperus* (Shipp et Wang 2006). Lors de leurs expérimentations, c'est lorsque le ratio *D. hesperus* : *F. occidentalis* dépassait 1 : 10, que les dommages aux fruits par la punaise ont commencé à apparaître. Lucas et Fournier (2017), quant à eux, ont montré qu'un ratio d'un prédateur pour cinq aleurodes est le seuil où les dommages commencent à apparaître sur les tomates en serre. C'est-à-dire qu'il faut au moins cinq aleurodes par punaise, sans quoi *D. hesperus* commence à s'attaquer au fruit. Il semble que les dommages importants aux fruits sont observés uniquement lorsque les populations de punaise deviennent excessives par rapport à la quantité de proies. S'il n'y a aucune intervention de la part du producteur et que celui-ci laisse grimper les populations de *D. hesperus* lorsque la densité de proies est faible, jusqu'à 20% des fruits peuvent être déclassés (Shipp et wang 2006).

Des observations semblables ont été faites (dommages aux fruits) pour d'autres membres de la même sous-famille que *D. hesperus*. *Dicyphus tamaninii* (Wagner) s'est aussi montrée dommageable pour les cultures en champs lorsque les densités de proies sont trop faibles (Gabarra et al. 1988; Alomar et Albajes 1996 cités par McGregor et al. 1999). Il est aussi possible de mentionner *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) qui a montré qu'elle pouvait endommager les cultures lors d'une pénurie de proies (Castañe et al. 2011).

3.3) Minimiser les dommages aux cultures

3.31) Contrôler les densités de population

Le premier facteur à considérer pour éviter que *D. hesperus* se mette à piquer les fruits est la densité des populations. Mme Lambert et M. Turcotte ont affirmé que les producteurs avec qui ils ont travaillé se fient à certaines observations pour savoir si le seuil est dépassé, puisqu'il n'est pas facile d'établir des ratios. S'il y a observation d'une punaise qui pique un fruit ou un employé, cela est un signe qu'il y a trop de *D. hesperus* dans la serre et qu'il manque de proies. Dans d'autres cas, les producteurs se fient en général à

leurs observations. Si dans les résidus de culture laissés sous un plant on observe rapidement une cinquantaine de punaises, mais qu'il y a une dizaine d'aleurodes dans la tête du plant, il y a vraiment trop de *D. hesperus* et il faut intervenir.

Selon Mme Lambert et M. Turcotte, l'intervention qu'il faut effectuer est le retrait des résidus de culture (figure 17). Comme il a été énoncé précédemment, laisser les résidus au sol suite à l'effeuillage hivernal des plants (production sous éclairage artificiel) fournit une niche écologique pour les nymphes du prédateur. Lorsque les résidus de culture sont retirés, il semblerait que les populations de *D. hesperus* diminuent drastiquement. Cependant, si l'on observe des foyers de *D. hesperus*, il est aussi possible d'appliquer sur ceux-ci du savon Safer®. Pour les producteurs estivaux, seule cette technique peut être appliquée.



Fig. 17 - Résidus de culture laissés au sol suite à l'effeuillage des plants de tomates en serre sous éclairage artificiel (gauche) et sol une fois que les résidus ont été retirés (droite)

Photo : Gilles Turcotte

3.32) Fournir des plantes réservoirs et de la nourriture supplémentaire en quantité suffisante

Selon Mme Lambert, M. Dumont et M. Turcotte, l'utilisation de la molène et de nourriture supplémentaire telle que des cystes d'*Artémia*, des œufs d'*Ephestia* ou un mélange représente aussi l'un des points clés. Si l'on ne fournit pas ces éléments, *D. hesperus* risque de se tenir en permanence sur la culture et de s'alimenter davantage de celle-ci. En plus, dès que le ratio prédateurs/proies dépassera un certain seuil, par exemple, 1 *D. hesperus* : 10 *F. occidentalis* (ratio déterminé par Shipp et Wang (2006) en haut duquel, *D. hesperus* commence à endommager les fruits), celui-ci se tournera directement vers la culture.

CONCLUSION

D. hesperus est un prédateur en serriculture maraîchère efficace contre plusieurs ravageurs. Il peut permettre de contrôler les populations d'aleurodes, de psylles de la pomme de terre, de thrips des petits fruits, de pucerons verts du pêcher, de tétranyques à deux points et peut aussi s'alimenter d'œufs de lépidoptère. Il est possible de maintenir les populations de *D. hesperus* en serre à l'année au Québec. Il suffit d'utiliser des plants de molène, de fournir de la nourriture supplémentaire telle que des cystes d'*Artémia* réhydratés (moins chères que les œufs d'*Ephestia*), des œufs d'*Ephestia* ou un mélange des deux (inoculés directement sur la molène) et d'avoir un lieu dans la serre où cela peut se faire. De cette façon, des petits guerriers sont disponibles en permanence dans la serre et le producteur peut réintroduire le prédateur à volonté dans les cultures. Cela représente moins de coûts à long terme que des lâchers systématiques d'auxiliaires. De plus, *D. hesperus* peut être couplé à un parasitoïde pour une lutte d'autant plus efficace et même être utilisé dans un programme de lutte comprenant un parasitoïde et ou un mycète entomopathogène. Il est certain que d'utiliser un auxiliaire omnivore en lutte biologique représente un risque pour la culture. Cependant, *D. hesperus* a fait ses preuves et est largement utilisé dans les serres biologiques maraîchères au Québec. Il est nécessaire de s'assurer que la punaise a accès à des proies de qualité en quantité suffisante. Si les densités de population atteignent un seuil qui met la culture à risque, il faut diminuer les populations en retirant les résidus de cultures laissés au sol après l'effeuillage hivernal ou en utilisant du savon Safer®. Si la production est estivale le producteur n'a pas d'autre choix que d'utiliser le savon Safer®.

L'hypothèse selon laquelle la punaise omnivore *Dicyphus hesperus* (Knight) est un prédateur efficace en serres maraîchères, malgré le fait qu'elle puisse aussi s'attaquer aux cultures a été confirmée. L'efficacité de *D. hesperus* est indéniable. Si le producteur utilise la molène et la nourriture supplémentaire, la punaise ne devrait s'attaquer au fruit que dans le cas où les populations sont trop élevées par rapport au nombre de proies. Puisque ce facteur peut être contrôlé, il semble clair que *D. hesperus* a sa place parmi les agents de lutte biologique au Québec.

Il serait toutefois nécessaire de pousser les recherches en génétique afin de pouvoir mettre sur le marché les souches les plus prédatrices possible. Davantage d'expérimentations permettraient aussi de s'assurer qu'il n'y a pas d'autres facteurs qui peuvent pousser *D. hesperus* à s'attaquer aux cultures. Il serait aussi très intéressant de fournir aux producteurs des moyens plus précis afin de savoir quand la population du prédateur est trop importante et représente un risque pour la culture. Ainsi, les interventions liées à la réduction des populations seraient toujours effectuées au bon moment et cela représenterait une préoccupation de moins pour le producteur. Il serait aussi nécessaire d'effectuer davantage de recherches sur le concombre et sur le poivron afin de voir si la dynamique des populations de *D. hesperus* est comparable avec la tomate et si *D. hesperus* peut se nourrir d'autres ravageurs. Les producteurs maraîchers biologiques au Québec peuvent depuis plusieurs années se doter de cet auxiliaire de lutte supplémentaire. Si l'on pouvait trouver un moyen définitif d'éviter tout dommage par *D. hesperus* aux cultures, cela représenterait une belle avancée pour la lutte biologique en serres en Amérique du Nord.

BIBLIOGRAPHIE

- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2019. Aperçu statistique de l'industrie des légumes de serre au Canada 2018. 16 p.
- Bioline Agrosociences. 2020 (Page consultée le 13 mars 2020). Hesperusline – *Dicyphus hesperus*. [En ligne]. Adresse URL: <https://www.biolineagrosociencesna.com/product/hesperusline/>
- Broadbent A. B., R. G. Footit et G. D. Murphy. 1989. Sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: aleyrodidae), a potential insect pest in Canada. *The Canadian Entomologist*. 111 (11) : 1027-1028
- Calvo, F. J., A. Torres-Ruiz, E. J. González et M. B. Velázquez. 2018a. The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweetpotato whitefly in tomato. *Bulletin of Entomological Research*. 108 (6) : 765-772
- Calvo, F. J., A. Torres-Ruiz, J. C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva et J. R. Lomeli-Flores. 2018b. Improved sweetpotato Whitefly and Potato Psyllid Control in Tomato by Combining the Mirid *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) With Specialist Parasitic Wasps. *Journal of Economic Entomology*. 111 (2) : 549-555
- Calvo, F. J., A. Torres-Ruiz, J. C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva et J. R. Lomeli-Flores. 2016. Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweet potato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato. *BioControl*. 61 : 415-424
- Calvo, F. J., J. C. Velázquez-González, M. B. Velásquez-González et A. Torres-Ruiz. 2018c. Supplemental releases of specialist parasitic wasps improve whitefly and psyllid control by *Dicyphus hesperus* in tomato. *Biological Control*. 63 : 629-639
- Castañe, C., J. Arnó, R. Gabarra et O. Alomar. 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological Control*. 59 : 22-29
- Dorais, M., A. Gosselin et M. J. Trudel. 2015. Culture en serre. L'Encyclopédie Canadienne, Mars, 1p.
- Dumont F., E. Lucas et D. Réale. 2016. Evidence of genetic basis of zoophagy and nymphal developmental time in isogroup lines of the zoophytophagous mullein bug, *Campylomma verbasci*. *Biocontrol*. 61 : 425-435
- Dumont F., J-É. Maisonhaute et C. Provost. 2019. Développement d'une stratégie de lutte contre l'aleurode du tabac en culture de tomates en serre. Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (CRAM). 22 p.
- Duval, J. 1993 (Page consultée le 10 mars 2020). Les thrips des cultures en serre. [En ligne]. Adresse URL: <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab360-03.htm>
- Entomofaune du Québec inc. 2016 (Page consultée le 27 mars 2020). Aleurode des serres – *Trialeurodes vaporariorum*. [En ligne]. Adresse URL: http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/aleurodes/Trialeurodes_vaporariorum.html
- Entomofaune du Québec inc. 2013 (Page consultée le 27 mars 2020). Punaises – Miridae: Bryocorinae. [En ligne]. Adresse URL: http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/punaises/punaises_bryocorinae.html
- Gillespie, D. R. et R. R. McGregor. 2000. The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*: Water places limits on predation. *Ecological Entomology*. 25 : 385-386
- Gouvernement du Canada. 2018 (Page consultée le 27 mars 2020). Deux stratégies subsidiaires à la lutte contre l'arpeuteuse dans les légumes de serre. [En ligne]. Adresse URL: <http://www.agr.gc.ca/fra/collaboration-scientifique-en-agriculture/centres-de-recherche-et-collections-sur-l-agriculture-et-l-agroalimentaire/ontario/centre-de-la-lutte-antiparasitaire/la-reduction-des-risques-lies-aux-pesticides-au-centre-de-la-lutte-antiparasitaire/projets-de-lutte-integree/deux-strategies-subsidiaries-a-la-lutte-contre-l-arpeuteuse-dans-les-legumes-de-serre/?id=1537311074201>
- Greenhouseipm.org. 2015. (Page consultée le 2 avril 2020). *Dicyphus hesperus*. [En ligne]. Adresse URL : <http://greenhouseipm.org/biocontrol-agent/dicyphus-hesperus/>

- HortiDaily. 2019 (Page consultée le 9 mars 2020). *World Greenhouse Vegetable Statistics updated for 2019*. [En ligne]. Adresse URL: <https://www.hortidaily.com/article/9057219/world-greenhouse-vegetable-statistics-updated-for-2019/>
- HortiDaily. 2017 (Page consultée le 9 mars 2020). *Nearly half of the world's greenhouse vegetable area located in Asia*. [En ligne]. Adresse URL: <https://www.hortidaily.com/article/6034321/nearly-half-of-the-world-s-greenhouse-vegetable-area-located-in-asia/>
- Iriis phytoprotection. 2020a (Page consultée le 10 mars 2020). Fiche technique – Aleurode du tabac. [En ligne]. Adresse URL: <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Insecte?imageId=4038>
- Iriis phytoprotection. 2020b (Page consultée le 10 mars 2020). Fiche technique – Thrips des petits fruits. [En ligne]. Adresse URL: <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Insecte?imageId=4651>
- Koppert Biological Systems. 2014 (Page consultée le 10 mars 2020). Thrips. [En ligne]. Adresse URL: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/19739/Biocontrol-Biologie>
- Koppert Biological Systems. 2015 (Page consultée le 10 mars 2020). *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 l'aleurode du tabac. [En ligne]. Adresse URL: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/19235/Biocontrol-Bemisia-tabaci-Aleurode-du-tabac>
- Labbé, R. M., D. Gagnier, A. Kostic et Les Shipp. 2018. The function of supplemental foods for improved crop establishment of generalist predators *Orius insidiosus* and *Dicyphus hesperus*. *Scientific reports*. 8 : 17790
- Labbé, R. M., D. R. Gillespie, C. Cloutier et J. Brodeur. 2009. Compatibility of an entomopathogenic fungus with a predator and a parasitoid in the biological control of greenhouse whitefly. *Biocontrol science and technology*. 19 (4) : 429-446
- Lambert, L. et F. Müller. 2020 (Page consultée le 5 avril 2020). Fiche technique – Aleurodes. [En ligne]. Adresse URL: https://www.agrireseau.net/documents/Document_89672.pdf
- Lambert, L. et F. Müller. 2019 (Page consultée le 11 mars 2020). Fiche technique – Thrips des petits fruits. [En ligne]. Adresse URL: https://www.agrireseau.net/documents/Document_90253.pdf
- Lambert, L., T. Chouffot, G. Turcotte, M. Lemieux et J. Moreau. 2005. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) on interplanted tomato crops with and without supplemental lighting using *Dicyphus hesperus*. *IOBC-WPRS Bulletins*. 28 : 175-178
- Lucas É. et M. Fournier. 2018. Utilisation de cystes d'Artémia sp. en tomates de serre pour l'optimisation de la lutte biologique contre les aleurodes par *Dicyphus hesperus*. Université du Québec à Montréal. 24 p.
- Lucas, É., et M. Fournier. 2017. Est-ce possible de prévoir les dommages aux tomates par *Dicyphus hesperus*. Université du Québec à Montréal. 21 p.
- Malais, M. H. et W. J. Ravensberg. 2006. *Connaître et reconnaître – La biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels*. 2^e édition. Reed Business. 290 p.
- McGregor, R. R. et D. R. Gillespie. 2004. Olfactory responses of the omnivorous generalist predator *Dicyphus hesperus* to plant and prey odours. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 112 : 201-205
- McGregor, R. R., D. R. Gillespie, C. G. Park, D. M. J. Quiring et M. R. J. Foisy. 2000. Leaves or fruit? The potential for damage to tomato by the omnivorous predator, *Dicyphus hesperus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 95 : 325-328
- McGregor, R. R., D. R. Gillespie, D. M. J. Quiring et M. R. J. Foisy. 1999. Potential use of *Dicyphus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae) for biological control of pests of greenhouse tomatoes. *Biological Control*. 16 : 104-110
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 2018. Portrait-diagnostic sectoriel des légumes de serre au Québec. 27 p.
- Nguyen-Dang, L., M. A. Vankosky et S. VanLaerhoven. 2016. The effects of alternative host plant species and plant quality on *Dicyphus hesperus* populations. *Biological Control*. 100 : 94-100

- Ramírez-Ahuja, M. de L., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, A. Torres-Ruiz et A. W. Guzmán-Franco. 2017. Evaluating combined use of a parasitoid and a zoophytophagous bug for biological control of the potato psyllid, *Bactericera cockerelli*. *Biological Control*. 106 : 9-15
- Sanchez, J. A., D. R. Gillespie et R. R. McGregor. 2004. Plant preferences in relation to life history and traits in the zoophytophagous predator *Dicyphus hesperus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 112 : 7-19
- Sanchez, J. A., D. R. Gillespie et R. R. McGregor. 2003. The effects of mullein plants (*Verbascum thapsus*) on the population dynamics of *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in tomato greenhouses. *Biological Control*. 28 : 313-319.
- Shipp J. L. et K. Wang. 2006. Evaluation of *Dicyphus hesperus* (Heteroptera : Miridae) in tomato crops. *Journal of Entomological Society of America*. 99 (2) : 414-420
- Smith, H. A. et K. L. Krey. 2019. Three Release Rates of *Dicyphus hesperus* (Hemiptera: Miridae) for Management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Greenhouse Tomato. *Insects*. 10 (7) : 213
- Toussignant, M-É. 2018 (Page consultée le 11 mars 2020). Fiche technique – Aleurode des serres et aleurode du tabac. [En ligne]. Adresse URL: <https://www.agrireseau.net/rap/documents/98286/cultures-ornementales-en-serre-fiche-technique-aleurode-des-serres-et-aleurode-du-tabac?s=3167&a=1&r=ALEURODE+DES+SERRES+ET+ALEURODE+DU+TABAC>
- Vankosky, M. A et S. L. VanLaerhoven. 2015. Plant and prey quality interact to influence the foraging behaviour of an omnivorous insect, *Dicyphus hesperus*. *Animal behaviour*. 108 : 109-116